



TITLE:

反すう動物におけるフィードロット
鼓脹症の発生と第一胃内性状と
の関係に関する研究(
Dissertation_全文)

AUTHOR(S):

宇佐川, 智也

CITATION:

宇佐川, 智也. 反すう動物におけるフィードロット鼓脹症の発生と第一胃内性状との関係に関する研究. 京都大学, 1985, 農学博士

ISSUE DATE:

1985-09-24

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.r5703>

RIGHT:

新 制
題
423
京大附図

反すう動物におけるフィードロット鼓脹症の
発生と第一胃内性状との関係に関する研究

1985

宇佐川 智也

反すう動物におけるフィードロット鼓脹症の
発生と第一胃内性状との関係に関する研究

1985

宇佐川 智也

目 次

第1編 緒 論	1
第2編 鼓脹症発生時における第一胃内性状	3
第1章 濃厚飼料多給時における第一胃内容液の 粘度に影響する要因	3
第1節 緒 言	3
第2節 材料および方法	3
第3節 結果および考察	6
第4節 摘 要	13
第2章 濃厚飼料多給時の飼料の形状と 第一胃内性状との関係	14
第1節 緒 言	14
第2節 材料および方法	14
第3節 結 果	15
第4節 考 察	18
第5節 摘 要	20
第3章 鼓脹症誘起飼料給与にともなう 第一胃内性状の変化	22
第1節 緒 言	22
第2節 材料および方法	23

第3節	結 果	-----	24
第4節	考 察	-----	29
第5節	摘 要	-----	31

第4章 鼓脹症誘起飼料給与時の鼓脹症指数

	および第一胃内圧の経時変化	-----	32
第1節	緒 言	-----	32
第2節	材料および方法	-----	32
第3節	結果および考察	-----	33
第4節	摘 要	-----	35

第5章 鼓脹症指数と第一胃内性状との関連性

第1節	緒 言	-----	36
第2節	材料および方法	-----	36
第3節	結果および考察	-----	37
第4節	摘 要	-----	39

第3編 鼓脹症抑制剤投与による第一胃内性状の変化

第1章 抗生物質モネンシン投与が第一胃内容液性状

	および採食・反すう行動に及ぼす影響	-----	41
第1節	緒 言	-----	41
第2節	材料および方法	-----	42
第3節	結 果	-----	43
第4節	考 察	-----	46

第5節	摘 要	-----	48
第2章	鼓脹症誘起飼料を給与した場合の第一胃 内容液性状に及ぼすモネンシンの影響		
	I. 圧パン大麦を主原料とした 鼓脹症誘起飼料の場合	-----	49
第1節	緒 言	-----	49
第2節	材料および方法	-----	49
第3節	結 果	-----	50
第4節	考 察	-----	55
第5節	摘 要	-----	59
第3章	鼓脹症誘起飼料を給与した場合の第一胃 内容液性状に及ぼすモネンシンの影響		
	II. ばん砕大麦を主原料とした 鼓脹症誘起飼料の場合	-----	61
第1節	緒 言	-----	61
第2節	材料および方法	-----	61
第3節	結 果	-----	62
第4節	考 察	-----	67
第5節	摘 要	-----	69
第4章	乳化剤タローエステル投与による第一胃 内容液性状の変化と鼓脹症抑制効果	-----	71
第1節	緒 言	-----	71

第2節	材料および方法	71
第3節	結 果	73
第4節	考 察	77
第5節	摘 要	80
第4編 総括と結論		
		81
謝 辞		
		86
引用文献		
		87
英文摘要		
		91

第1編 緒 論

反すう動物、特に牛の鼓脹症は古くからよく知られている重要な疾病である。鼓脹症は、その発症要因からみて、食餌由来の原発性第一胃鼓脹症（泡沫性鼓脹症）と、異物による食道の閉塞といった物理的な障害に起因する遊離ガスの嚥気不全によって起こる二次性の第一胃鼓脹症（遊離ガス鼓脹症）とに大きく分類できる¹⁾。この原発性第一胃鼓脹症（泡沫性鼓脹症）の原因は、第一胃内での発酵に起因する正常ガスにより泡沫が持続的に形成されることによる。発生した細かいガス泡は、お互いに融合できないために嚥気として体外に排出されず、第一胃内圧が増加する。その結果、横隔膜が圧迫され、呼吸困難に陥り、死に至る。

この原発性鼓脹症は、牧野においてマメ科牧草を採食した牛に発症する。マメ科牧草による鼓脹症に関しては古くから多くの研究例があり、現在では、マメ科牧草の葉緑体の可溶性蛋白質が泡沫形成の主要な要因であると考えられている²⁾。また鼓脹症は濃厚飼料を多給した肥育牛にも発生する。この場合は一般にフィードロット鼓脹症とよばれている。

ところで、我が国の肉牛肥育形態は、概して経営基盤が小さいため、自家生産の粗飼料を中心とした経営例は極めて少なく、多くの場合、飼料の大部分を流通穀物飼料に依存している。

フィードロット鼓脹症は、このような穀類飼料の多給という状況で、粗飼料の給与量が不十分な場合や、給与飼料が細かすぎ

る場合にごくふつうに発症する。しかし、フィードロット鼓脹症の原因についてはまだ不明の点が多い。

我が国の肥育牛においてもフィードロット鼓脹症の発生はかなり多くみられ、その罹患率は約1%と見られている³⁾。鼓脹症による被害は、死産および慢性的発症による淘汰という損失だけでなく、発症牛の生産性の低下、予防あるいは治療のための費用と労力などの損失も考えられ、これらを合わせるとその損害額は莫大なものになる。

本研究は、フィードロット鼓脹症の発生と第一胃内性状との関係について検討を加えることにより、その発生要因を考究するとともに、鼓脹症抑制効果が期待できる薬剤について、第一胃内性状の面から、その抑制効果の機構を栄養生理学的に検討しようとして行ったものである。

第2編 鼓脹症発生時における第一胃内性状

第1章 濃厚飼料多給時における第一胃内容液の 粘度に影響する要因

第1節 緒 言

フィードロット鼓脹症とは、第一胃内容液の粘度と鼓脹症の発症との間に関連があるとの報告がある。Gutierrez ら⁴⁾は鼓脹症の発生にともなって第一胃内容液の粘度が高くなり、症状が重くなるほど粘度が高くなることを観察しており、Meyer and Bartley⁵⁾は鼓脹症の発症頻度や症状の軽重と第一胃内容液の粘度との間の関連性を示唆している。

そこで本章では、第一胃内容液の粘度についての基礎的な知識を得るため、1) 濃厚飼料多給時の第一胃内容液の粘度の経時変化、2) 種々の肥育方式における肥育牛の第一胃内容液の粘度、3) 飲水と第一胃内容液の粘度との関係、について検討した。

第2節 材料および方法

1) 濃厚飼料多給時の第一胃内容液の粘度の経時変化

第一胃フラスコを装着した褐毛和種去勢牛1頭を供試した。まず、フスマ80% に稲ワラを20% 加えた飼料を1日あたり体重の1.5% 量(風乾物量) 9:00 と 17:00 に等分給与し、7日間の予備期の後、次の3日間を試験期間とした。朝の給餌

後、1時間毎に第一胃内容液を約500mlずつ第一胃フラスコからカテーテルを用いて採取した。採取部位は第一胃の下層部（腹嚢体部）とした。採取部位については、第一胃上層部（背嚢体部）からも採取し、採取部位による測定値の差についても検討した。第一胃内容液採取後、直ちにpH試験紙でpH測定をおこない、ついで四重ガーゼでろ過し、ろ液を用いて回転粘度計（携帯用ビスコテスター、リオンK.K.製）で粘度を測定した。引き続きトウモロコシ（粗砕4~5mm角）80%に稲ワラを20%加えた飼料を給与して同様に試験した。

2) 種々の肥育方式における肥育牛の第一胃内容液の粘度

第1表に示した配合内容の飼料で肥育されている牛を供試し、第一胃内容液の粘度およびpHを測定した。

Table 1. Dietary composition

Concentrate	Roughage	Breed
① Ration for performance test of meat production (Composed of 30% barley, 40% corn, 16% wheat bran, 6% rice bran, 6% soybean meal, 1% calcium carbonate and 1% salt.)	Hay (ad lib.)	Japanese Black
② 90% cracked corn (4-5mm) and 10% soybean meal	Hay (50%) ^a	Japanese Black
③ 90% rolled corn and 10% soybean meal	Hay (50%)	Japanese Black
④ 95% rolled barley and 5% soybean meal	Rice hull (15%)	Japanese Black
⑤ 90% cracked corn (1.5-3mm) and 10% soybean meal	Hay (10-15%)	Japanese Black
⑥ 90% cracked corn (1.5-3mm) and 10% soybean meal	Rice hull (10-15%)	Japanese Black
⑦ All In One (Composed of 30% flaked corn, 30% flaked milo, 6% soybean meal, 6% molasses, 2% hull, 8.5% beet pulp, 15% haycube and 2.5% additives.)	Rice straw (ad lib.)	Holstein
⑧ Pelleted feed (Composed of 30% alfalfa meal, 5% soybean meal, 6% wheat, 52% corn and 7% Futol (tallow-containing feed))	Rice straw (ad lib.)	Holstein

a: Proportion to concentrate.

第一胃内容液は朝の給餌後ほぼ4時間目に口からカテーテルを挿入し、第一胃下層部から約500ml採取した。粘度およびpH

の測定は前項と同様に行った。第1表の②、③、④については、1ヵ月毎に測定をくりかえし、その変化について検討した。

3) 飲水と第一胃内容液の粘度との関係

試験(a): 自由飲水時の第一胃内容液の粘度、pH、飲水量について調べた。第一胃フイステルを装着しためん羊2頭(コリデール種、平均体重52.5 kg)を用いた。7日間の予備期の後、次の3日間を試験期とした。飼料は、トウモロコシ(粗砕4~5 mm)、フスマ、イネ科乾草を7:1:2の比率で、体重の2.0%量(風乾物量) 9:00 と 17:00 に等分に給与した。水はポリエチレン製自動給水器を用いて与え、容器に施した目盛で飲水量を測定した。第一胃内容液の採取は、朝の給餌直前と給餌後1時間毎に計7回、第一胃フイステルから約50 ml採取した。採取後直ちに pH を pH 試験紙で測定し、四重ガーゼでろ過し、ろ液を用いて粘度を測定した。粘度の測定について、

1)、2) の両試験では供試動物が牛であり、回転粘度計を使用するのに十分な量の第一胃内容液を確保できたが、供試動物がめん羊の場合、第一胃内容液の採取可能量が少なかったため、わずかの量で測定できるオストワルド動粘度計を用いて 39℃の恒温水槽内で測定した。

試験(b): 試験(a)においては、飲水による第一胃内容液の希釈と粘度との関係が明確でなかったため、第一胃内に一定量の水を注入し、粘度、pH について検討した。

試験(a)と同じめん羊を供試し、給与飼料も同じ配合のものを用了。7日間の予備期のあと、次の3日間を試験期とした。水は夜間自由に飲水させ、朝の給餌時に給水器をはずし、給餌

1時間後にフイステルから 1,200 ml 注入した。第一胃内容液は朝の給餌後1時間目の注水前と、給餌後2、3、5時間目に採取し、粘度、pHを試験(a)と同様に測定した。

第3節 結果および考察

1) 濃厚飼料多給時の第一胃内容液の粘度の経時変化

飼料摂取後の第一胃内容液の粘度および pH の経時変化を第1図と第2図に示した。

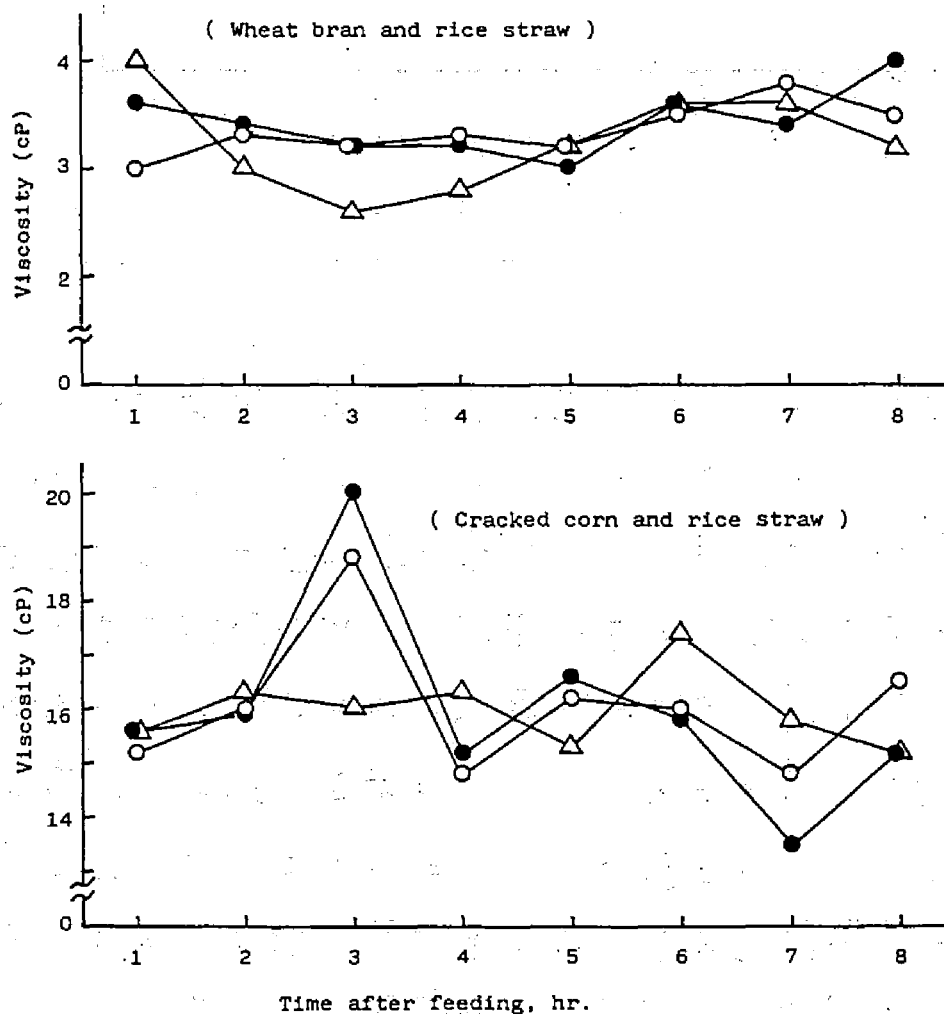


Fig. 1. Hourly changes in viscosity of rumen fluid.

O: first day, ●: second day, △: third day.

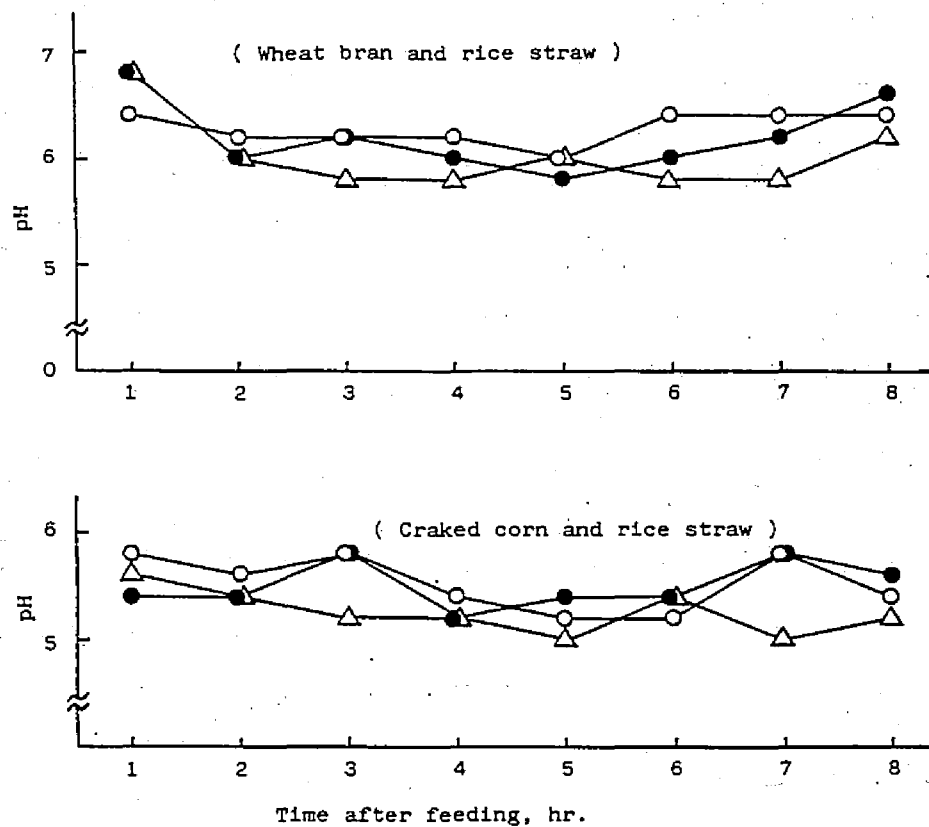


Fig. 2. Hourly changes in pH value of rumen fluid.

O: first day, ●: second day, △: third day.

粘度では、フスマ給与で平均値3.34 cP、トウモロコシ給与で16.00 cPとなり、給与飼料による差がはっきり認められたが、両飼料を通じての一定の経時変化は認められず、両飼料の物理性の違いによる唾液分泌への刺激あるいは飲水行動に差があったのではないかと考えられた。両飼料とも、朝の給餌後4～5時間目に安定した数値を示したが、これらの数値は給餌後2時間目の値に近いものであった。pHの値では、双方とも給餌後4～5時間目に最も低い値を示した。また、飼料給与後5時間目に、第一胃の上層部と下層部から採取した内容液の粘度を比較すると、第一胃上層部の値が非常に高く、フスマ+稲ワラの場合は17.5 cP（下層部：3.34 cP）を示し、トウモロコシ+

稲ワラの場合は 63.0 cP (下層部: 16.00 cP) を示した。pH の測定値には採取部位による差は認められなかった。本試験で第一胃内容液を上層部から採取した際には、第一胃フラスコから手を入れ第一胃内容物を取り出して、これから液状部をしぼり取るという方法を用いたことが、高い粘度を示した原因と考えられるが、この上層部の粘度の数値は第一胃内での平常の数値を代表するとは考えにくく、第一胃内容液の粘度を測定するためには、第一胃下層部から内容液を吸引採取する方法が適していると考えられた。

2) 種々の肥育方式における肥育牛の第一胃内容液の粘度

調査した8種類の方式における肥育牛の第一胃内容液の粘度と pH を第2表に示した。その中の②、③、④という方式の肥育牛については、1ヵ月毎に測定した粘度と pH の値を第3表に示し、増体成績を第3図に示した。

Table 2. Viscosity and pH value of rumen fluid

Diet	Breed	No. of animals	Viscosity(cP)	pH
① Ration for performance test of meat production and hay	Japanese Black	6	4.02 ± 1.31 ^a (2.9-6.5)	7.10 ± 0.11 (7.0-7.2)
② Cracked corn(4-5mm), soybean meal and hay	Japanese Black	3	8.13 ± 4.59 (5.0-13.4)	6.93 ± 0.31 (6.6-7.2)
③ Rolled corn, soybean meal and hay	Japanese Black	3	5.00 ± 2.82 (2.8-8.1)	7.00 ± 0.53 (6.6-7.6)
④ Rolled barley, soybean meal and rice hull	Japanese Black	6	12.48 ± 9.73 (4.3-30.5)	6.33 ± 0.96 (5.0-7.0)
⑤ Cracked corn(1.5-3mm), soybean meal and hay	Japanese Black	6	3.25 ± 0.99 (2.2-4.8)	7.47 ± 0.10 (7.4-7.6)
⑥ Cracked corn(1.5-3mm), soybean meal and rice hull	Japanese Black	3	42.65 ^b (19.3-66.0)	6.73 ± 0.61 (6.2-7.4)
⑦ All In One and rice straw	Holstein	3	5.87 ± 1.60 (4.3-7.5)	7.30 ± 0.23 (7.2-7.6)
⑧ Pelleted feed and rice straw	Holstein	3	2.93 ± 0.16 (2.8-3.1)	6.93 ± 0.31 (6.6-7.2)

a: Mean ± standard deviation.

b: Average of two data.

Table 3. Monthly data in viscosity and pH value of rumen fluid.

	④ Rolled barley, soybean meal and rice hull		② Cracked corn, soybean meal and hay		③ Rolled corn, soybean meal and hay	
	Viscosity(cP)	pH	Viscosity(cP)	pH	Viscosity(cP)	pH
Sept.	12.48 ± 9.73 ^a (4.3-30.5)	6.33 ± 0.96 (5.0-7.0)	8.13 ± 4.59 (5.0-13.4)	6.93 ± 0.31 (6.6-7.2)	6.00 ± 2.82 (2.8-8.1)	7.00 ± 0.53 (6.6-7.6)
Oct.	12.15 ± 4.06 (4.5-15.6)	6.80 ± 0.55 (6.0-7.4)	14.43 ± 3.52 (12.3-18.5)	6.27 ± 0.12 (6.2-6.4)	6.53 ± 1.10 (5.8-7.8)	6.53 ± 0.31 (6.2-6.8)
Nov.	29.50 ± 19.90 (20.0-70.0)	6.30 ± 0.41 (5.8-7.0)	13.73 ± 0.64 (13.0-14.2)	6.33 ± 0.30 (6.0-6.6)	4.53 ± 0.85 (3.9-5.5)	7.20 ± 0.53 (6.6-7.6)
Dec.	14.22 ± 7.91 (5.2-26.3)	6.27 ± 0.35 (5.8-6.8)	15.20 ± 5.33 (11.0-21.2)	6.60 ± 0.35 (6.4-7.0)	5.33 ± 2.32 (3.2-7.8)	7.00 ± 0.20 (6.8-7.2)
Jan. ^b	16.94 ± 9.31 (9.5-32.4)	6.23 ± 0.48 (6.0-7.2)				
av.	17.06 ± 12.60	6.39 ± 0.59	12.88 ± 4.45	6.53 ± 0.37	5.60 ± 1.84	6.93 ± 0.44
Feb.	17.23 ± 10.87 (6.8-20.5)	5.93 ± 0.50 (5.4-6.4)	37.90 ± 29.90 (16.2-72.0)	6.07 ± 0.12 (6.0-6.2)		
Mar.	12.63 ± 5.54 (6.4-17.0)	7.47 ± 0.23 (7.2-7.6)	58.5 ^c (52.0-65.0)	6.2 ^c (5.8-6.6)		

a: Mean ± standard deviation.

b: Low-gain group was fed rice straw instead of rice hull from this date.

c: Average of two data.

④ (圧入大麦+大豆粕+モミガラ) の場合、粘度は 4.3 ~ 30.5 cP と非常に不安定であり、pH 値も 5.0 ~ 7.0 と大きいばらつきを示した。また、軽度から中度の鼓脹症状を示した牛がいた。その後1ヵ月毎の調査結果では、特に寒さがきびしくなると11月後半に急激に高い粘度を示し(第3表)、それ以後増体成績も極めて悪くなった(第3図)。この時期に飲水量が減った様子があり、そのために粘度が高くなった可能性が示唆された。⑥ (中碎トウモロコシ+大豆粕+モミガラ) の場合も④の区と同様に非常に高い粘度の値を示す個体があり、軽度から中度の鼓脹症状を示していたことから、鼓脹症の危険性の高い配合例であると考えられた。これらの場合に粗飼料として用いられたモミガラは、未利用粗飼料資源として注目されているが、本試験においていずれも高い粘度を示し、鼓脹症の危険性が高いと考えられたため、今後利用するにあたっては十分に給

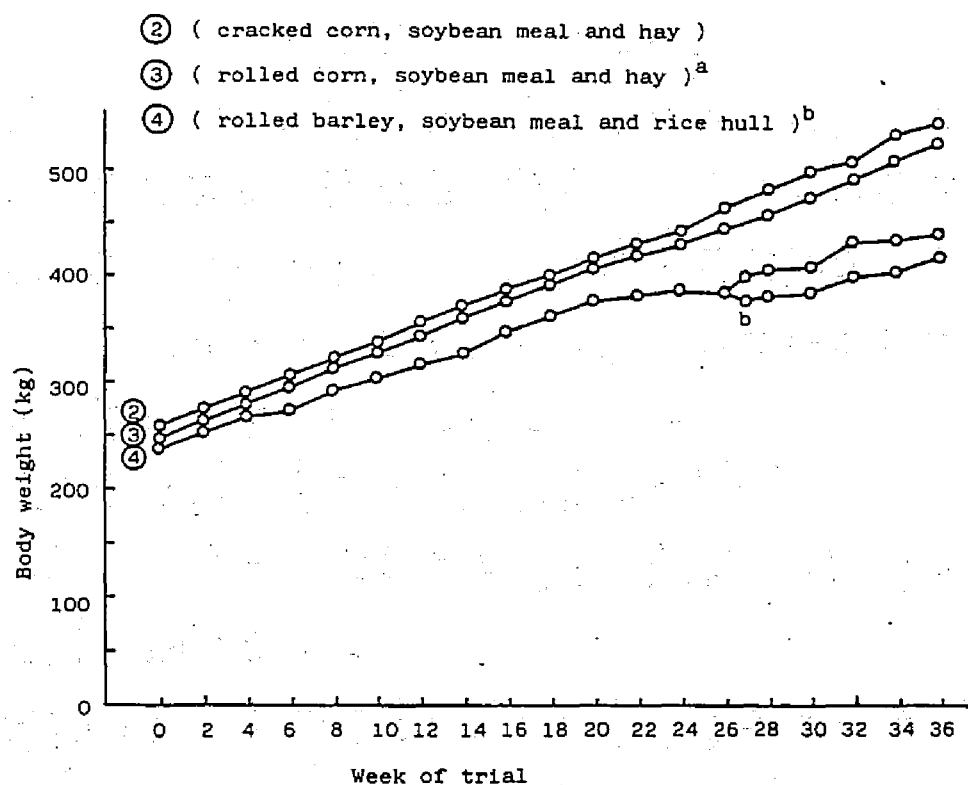


Fig. 3. Changes in body weight.

a: Rolled corn was substituted for cracked corn at the 24th week of trial. b: Low-gain group was fed rice straw instead of rice hull from the 27th week of trial.

と方法を検討する必要があるう。

トウモロコシを主体とした配合飼料の場合、②(粗砕)、③(圧ペン)、⑤(中砕)という処理形態の違いにより、粘度、pHの値の双方に差が見られた。②(粗砕)、③(圧ペン)の両者は、粗飼料として牧草を50%量与えており、⑤(中砕)の場合は牧草を10~15%量しか与えていないので、これらを単純に比較できないが、②(粗砕)の区はこれらの中では高い粘度の値を示しており、鼓脹症の危険性があるように思われたが、③(圧ペン)の区に比べて増体成績は良く、実際に鼓脹症状を呈した個体がいなかったことから、十分使用できる配合例であると考えられた。給与飼料の形状と第一胃内容液の粘度と

の關係については、次章で検討を加える。

①（産肉能力検定用飼料＋牧草）の区は、粘度は低く pH は平均値 7.10 を示し、鼓脹症の観点からは非常に安全であると考えられ、⑦（オールインワン）、⑧（完全固型飼料）の両区とも、稲ワラを十分に与えておけば粘度はそれほど高くなり、鼓脹症の危険性は低いものと考えられた。

3) 飲水量と第一胃内容液の粘度との關係

試験(a)：自由に飲水させた場合の粘度、pH および飲水量について第4図に示した。

飲水行動にかなり個体差がみられ、1号羊では給餌後1時間以内に大量に飲水しており、水の摂取が粘度の低下につながったものと考えられるが、2号羊では、2日目の給餌後1時間目のようにほとんど飲水していない時に粘度が低くなっている。このことは、飼料摂取という刺激により分泌された唾液が飲水と共に第一胃内容液の粘度に影響したものと考えられた。

試験(b)：第一胃内に一定量の水を注入した場合の粘度および pH の経時変化を3日間の平均値で第5図に示した。

試験(a)と同様に粘度、pH 双方に個体差がみられた。粘度は注水後1時間目に最も低い値を示し、その後徐々に高い値を示した。このことから、第一胃内容液の粘度の値は飲水に大きく影響されるものと考えられる。pH の値は注水による影響をほとんど受けなかった。このことから、飼料摂取による刺激で分泌された唾液が、粘度の低下を助けるだけでなく、pH 値の変動を抑える作用をしていることが示唆された。

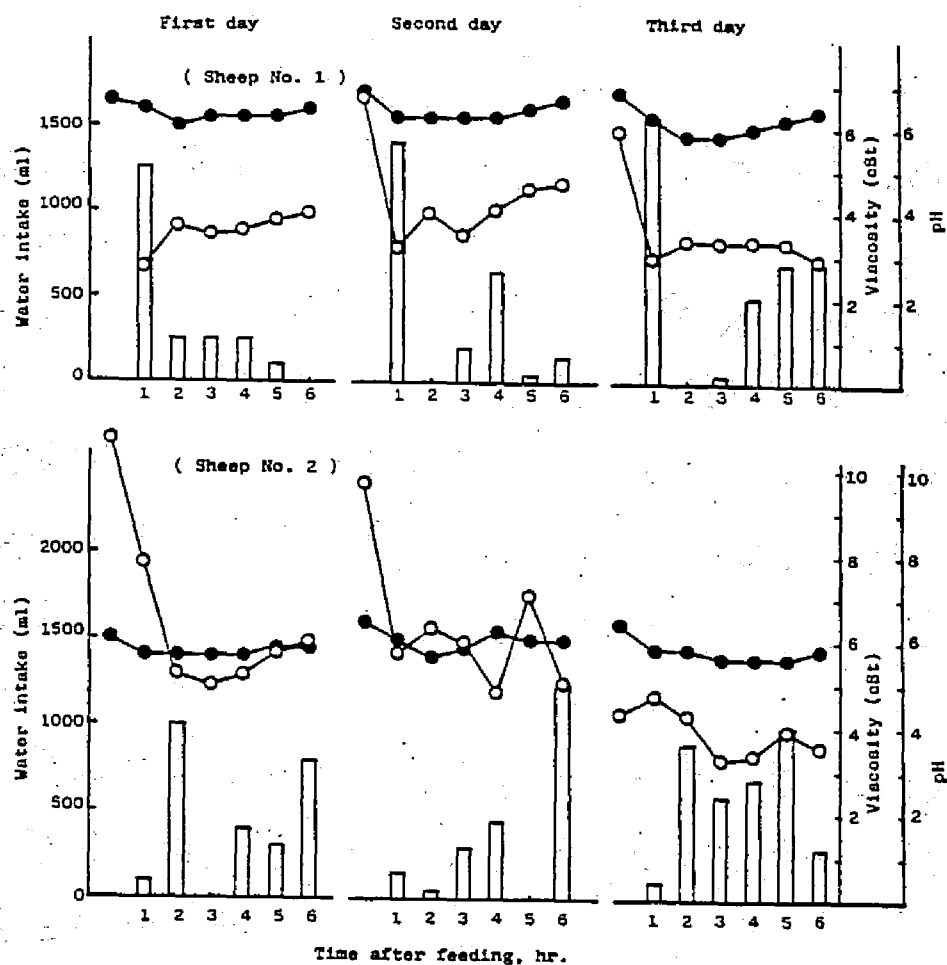


Fig. 4. Patterns of viscosity and pH value of rumen fluid, and water intake.
 ○○: viscosity, ●●: pH, □: water intake.

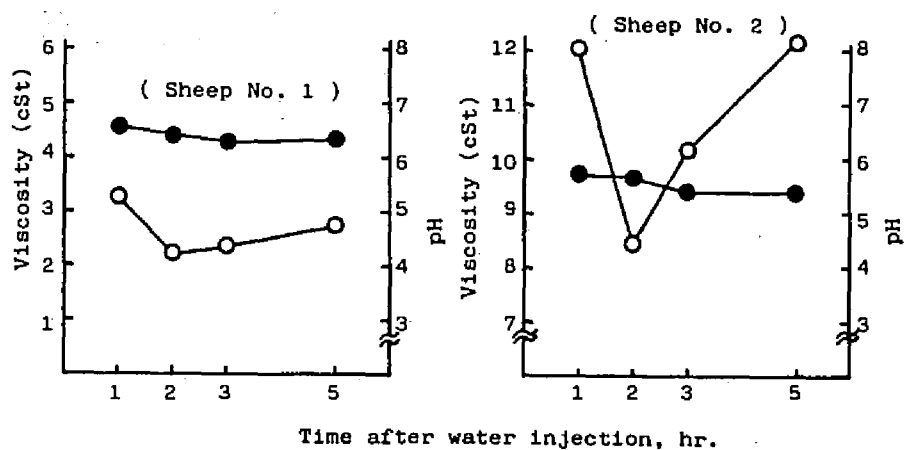


Fig. 5. Hourly changes in viscosity and pH value of rumen fluid.
 ○○: viscosity, ●●: pH.

第4節 摘要

牛およびめん羊の第一胃内容液の粘度について検討し、以下の結果を得た。

1) 第一胃フイステル装着牛にフスマ 80%、稲ワラ 20%という飼料を与えた時の第一胃内容液の粘度は、平均値で 3.34 cP であったが、トウモロコシ (粗碎) 80%、稲ワラ 20%という飼料を与えた時は 16.00 cP となり、給与飼料による差がはっきりあらわれた。両飼料を通じた一定の粘度の経時変化は認められなかった。

2) 8種類の方式における肥育牛の第一胃内容液の粘度と pH について調査した。モミガラを粗飼料として用いた区では、鼓脹症の発生がみられ、粘度が高くなる可能性が強いことが認められた。また、トウモロコシを主体とした配合例では、トウモロコシの処理形態の違いにより粘度の値に差がみられた。

3) 飲水量と第一胃内容液の粘度との関係を調べたところ、第一胃内容液の粘度は、飼料摂取後の飲水によって一時的に低下することが示された。

第2章 濃厚飼料多給時の飼料の形状と第一胃内 性状との関係

第1節 緒 言

前章で、濃厚飼料多給方式の肥育牛において給与したトウモロコシの形状の違いにより第一胃内容液の粘度の値に差が認められた。穀類飼料の物理的な形状について、粒度の細かい飼料を給与すると、第一胃内の泡沫の安定性が増し、第一胃内容液の粘度が高くなったことが報告されている^{6,7)}。

そこで本章では、めん羊にトウモロコシ主体の飼料を給与し、トウモロコシの形状の違いが第一胃内容液の粘度、pH、可溶性炭水化物含量、原虫数にどのように影響するかについて検討した。

第2節 材料および方法

第一胃フラステルを装着したコリデール種雌めん羊3頭（平均体重 29.5 kg）を供試した。供試飼料の主な材料として、粗砕、圧ペン、粉碎の3種類の形状のトウモロコシを用いた。

これらをトウモロコシ 90%、大豆粕 10% という比率で配合し、これを8に対して良質のイネ科乾草を2の割合として、1日あたり体重の3%量（風乾物量）を9:00 と 17:00 に等分給与した。飲水は自由に摂取させた。試験は11日間の予備期の後、次の3日間を試験期とし、3頭のめん羊にそれぞれ3種類の飼料を給与した 3×3 のラテン方格法で行った。第一胃内容液は、

朝の給餌直前および給餌後 1、2、4、6 時間目に、第一胃フイステルよりカテーテルを用いて約 100 ml 採取した。飲水量は朝の給餌後、夕方給餌時まで 1 時間毎に測定した。第一胃内容液採取後直ちに pH を pH 試験紙で測定した。フイデニ重ガーゼでろ過し、ろ液の一部を MHS 染色液⁸⁾で染色し、原虫数の計数に用いた。残りのろ液を 15,000×G で 20 分間遠心分離し、その上澄液を用いて粘度および可溶性炭水化物含量の測定を行った。粘度の測定はオストワルド動粘度計を用いて 38.5℃ の恒温水槽内で行った。可溶性炭水化物含量は、まず供試液を除蛋白⁹⁾し、グルコースを標準物質としてアンスロン法^{10,11)}で測定した。繊毛虫数は、午前の給餌直前の第一胃内容液について、Holotrichs と Entodiniomorphs とに区別して¹²⁾計数した。

第 3 節 結 果

第一胃内容液の粘度の経時変化を第 6 図に示した。

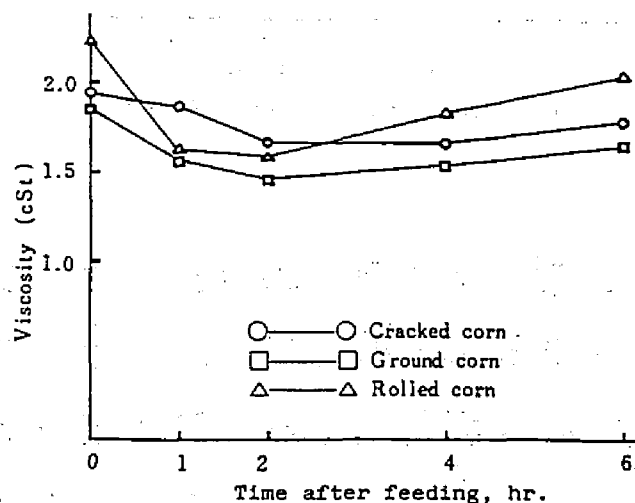


Fig. 6. Viscosity pattern of cell-free rumen fluid.

給餌後 1 時間目の値は、粗砕トウモロコシ区（以下、粗砕区

と略す) 1.86 cSt、粉碎トウモロコシ区 (以下、粉碎区と略す) 1.56 cSt となり、これらの数値間に有意な差 ($P < 0.05$) が認められたが、他の時間帯ではいずれも試験区の間には差は認められなかった。粘度の値の変化の様相では、圧ペントウモロコシ区 (以下、圧ペン区と略す) は給餌後 1 時間目に急激に低下したが、粗砕区では低下の程度が少なかった。粉碎区と圧ペン区では給餌後 2 時間目に最低値を示したが、粗砕区では 4 時間目に最低値を示した。各区の最高値と最低値との開きは、粗砕区 0.28 cSt、粉碎区 0.39 cSt、圧ペン区 0.65 cSt であった。

次に第一胃内容液の pH 値の経時変化を第 7 図に示した。

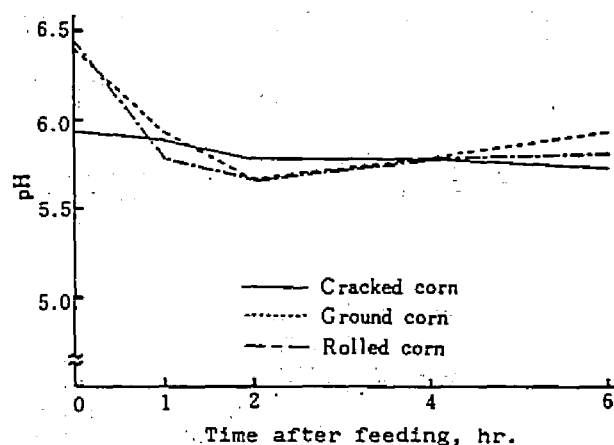


Fig. 7. The pH pattern of rumen fluid.

給餌直前の粗砕区の値は他の区より有意 ($P < 0.05$) に低い値を示した。各区の最高値と最低値との開きは、粗砕区 0.15、粉碎区 0.73、圧ペン区 0.77 となり、粗砕区は他の 2 区より有意 ($P < 0.001$) に小さかった。

次に第一胃内容液の可溶性炭水化物含量の経時変化を第 8 図に示した。

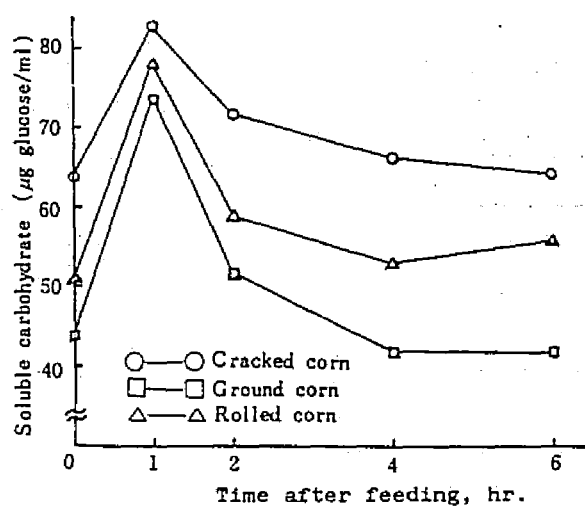


Fig. 8. Concentration of soluble carbohydrate in cell-free rumen fluid.

いずれの時間においても粗砕区が最も多く、ついで圧ぺん区、粉碎区となった。各区とも給餌後1時間目に最も多くなり、以後徐々に少なくなった。粗砕区は他の2区に比べて日内変動の割合が少ない傾向がみられた。

次に給餌後の飲水量について第9図に示した。

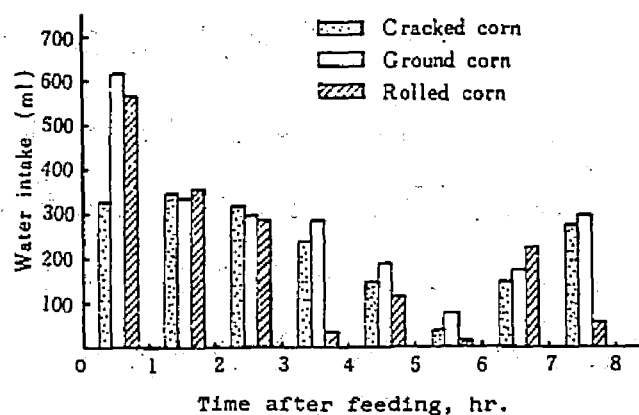


Fig. 9. Hourly water intake of sheep.

給餌後1時間の飲水量は粗砕区で少ない傾向を示し、圧ぺん区の値が給餌後4時間目と8時間目で少ない傾向を示した。

次に給餌直前の絨毛虫数について第4表に示した。

Table 4. Number of protozoa in the rumen just before feeding

Feed	Protozoa ($\times 10^4$)/ml	
	Entodiniomorphs	Holotrichs
Cracked corn ration	74.9	trace
Ground corn ration	88.2	trace
Rolled corn ration	81.4	trace
Hay	36.8	1.2

参考のために乾草給与時の数値を示したが、Holotrichsは粗砕区、粉砕区、圧ぺん区のいずれにおいても非常に少なく、ほとんど計数できなかった。Entodiniomorphs数は各区の間に差がなかったが、乾草給与時に比べて各区とも約2倍に増加していた。

第4節 考 察

本試験の結果、給与トウモロコシの形状の違いにより第一胃内容液の粘度の経時変化の様相に差がみられた。また、本試験で得られたpHの経時変化の様相は、全粒および圧ぺん処理を施した大麦を用いたの Ørskov の実験結果¹³⁾とよく一致していた。細かく粉砕したトウモロコシは粗いものより消化率がよく、圧ぺん処理を施した消化度の高いトウモロコシは粗砕のものより消化率がよいとされている^{14,15)}。粗砕トウモロコシは消化度の低く、単位重量あたりの表面積が他の区より小さいため微生物による攻撃を受ける割合が少なく、そのため分解が緩慢になるものと考えられる。本試験でのpH値の経時変化の結果からみても同様のことが考えられ、粗砕という形状では、圧ぺん、

粉碎と比較して分解速度がおそいため、VFA産生によるpHの低下が緩慢になったものと考えられる。また、給餌後1時間目の粗砕区の粘度の値が他の区の値に比べてあまり低くならなかったことは、この時間帯の飲水量が他の区に比べて少なかったことが大きく影響していると思われる。

放牧時においては、第一胃内の泡沫形成および鼓脹症が最も発生しやすいpHは5.4～5.7であるとされており¹⁶⁾、Cheng and Hironaka⁷⁾は、微細な濃厚飼料を与えた牛の第一胃内容液を用いた *in vitro* の試験で、pHが5.5～5.8および7.5～8.5の時に粘度の値が最大値を示したと報告している。本試験では、粉砕区と圧パン区で給餌後2時間目に5.67という値を示したが、同時に両区とも粘度の値が最も低くなっている。本試験の結果は、前章で述べた飲水による第一胃内容液の粘度の一時的低下と、VFA発酵によるpHの低下が、給餌後の経時的な様相としては一致したことを示しており、単純に粘度とpHとの関係をとらえ得るものではなく、上記の報告と矛盾するものではないと考えられる。

穀類多給で飼養した牛の第一胃内容液から分離した微生物由来の粘液は、蛋白質、炭水化物、核酸を多く含み、溶液の粘度を高くするとされ⁴⁾、第一胃内容液中の多糖類の濃度と鼓脹症の程度との関連性が示唆されている⁵⁾。しかし、第一胃内容液中の可溶性糖類含量は第一胃内容液の粘度に影響する主要因ではないという説もある⁷⁾。本試験では、朝の給餌後1時間目に各区とも最も多い可溶性炭水化物含量を示したが、同時に粘度の値は各区とも低下した。またトウモロコシの処理形態の違いに

よって第一胃内容液中の可溶性炭水化物含量の経時変化の様相に差が見られ、常に粗砕区の値が多いという傾向を示した。粗飼料では、破砕度の高い飼料の方が消化管内通過速度が早いとされている¹⁴⁾が、本試験では、粒度の面からみても粗砕区で第一胃内滞留時間が長くなった可能性が示唆される。第一胃内容液の可溶性炭水化物含量と粘度との関係については、次章でさらに検討を加える。

Holotrichs はその体内に可溶性炭水化物を多量に取り込むことにより、飼料中の可溶性炭水化物が第一胃内細菌により急激に分解発酵されることを抑制する作用があるが、貯蔵糖の蓄積を制御する機構がないためか、培地中の糖濃度が高いと過剰に蓄積して、ついには崩壊してしまう¹⁵⁾とされている。本試験で用いた飼料も可溶性炭水化物含量の高い飼料であるため、各区とも Holotrichs がほとんどみられなかった。各区とも pH 値が低かったことも原虫相の変化に影響していると考えられる。トウモロコシを多量に給与する場合は、この点にも十分注意を要する必要がある。

第5節 摘 要

給与したトウモロコシの形状の違いにもなう、めん羊の第一胃内容液の性状の変化について検討した。第一胃フイステル装着めん羊3頭を供試し、粗砕、圧ぺん、粉碎という3形態のトウモロコシを用いて3×3のラテン方格法で試験した。給与した飼料は、トウモロコシ90%と大豆粕10%からなる飼料8に対して、乾草を2割割合で加えたものである。粗砕トウモロコ

シ区は、第一胃内容液の粘度および pH の値が、圧ペントウモロコシ区、粉碎トウモロコシ区と比較して緩慢な経時的変化を示した。可溶性炭水化物含量は、いずれの時間帯においても、粗砕区は圧ペン区より多く、圧ペン区は粉碎区より多いという傾向を示した。これらの結果から、粗砕トウモロコシは圧ペンおよび粉碎トウモロコシより第一胃内における分解速度がおそく、第一胃内滞留時間がより長いと考えられた。纖毛虫相では、乾草のみで飼養した場合と比較して、いずれの区も Entodiniomorphs 数は約 2 倍に増加し、Holotrichs 数は非常に減少しており、ほとんど計数できなかった。

第3章 鼓脹症誘起飼料給与にともなう第一胃内 性状の変化

第1節 緒 言

フィードロット形式での肥育は穀類多給という形で行われる。したがって粗飼料主体での飼養形態と比べ、第一胃内容液中の可溶性炭水化物含量はかなり多いはずであり、このことが第一胃内容液の粘度上昇および泡沫の安定化に何らかの役割を担っている可能性は十分考えられる。

第一胃内容液中の可溶性炭水化物含量と鼓脹症との関係について、Meyer and Bartley⁵⁾ は、微生物を取り除いた第一胃内容液の *glucose* 濃度と鼓脹症との関係を示唆しているが、一方、Cheng and Hironaka⁶⁾ は、可溶性炭水化物含量は第一胃内容液の粘度に影響を与える主要因ではなく、濃厚飼料の粒度が第一胃内容液の pH、可溶性炭水化物含量および粘度に影響すると報告している。

ところで、フィードロット鼓脹症を研究する上で、実験的に鼓脹症を発症させることは、その原因や予防、治療法を検討する上で好都合であるが、Lindahl⁷⁾ は泡沫性鼓脹症を発症させ易い飼料を考案している。

そこで本章では、この Lindahl らの配合飼料¹⁹⁾ をめん羊に給与し、実験的に鼓脹症を発症させ、その時の第一胃内容液の pH、粘度、可溶性炭水化物含量、さらに原虫数の経日変化と、各測定項目間の関連性について検討した。

第2節 材料および方法

供試動物には、第一胃フイステルを装着した雌めん羊3頭（平均体重 43.2 kg）を用いた。供試飼料には、良質のイネ科乾草（以下、乾草と略す）および Lindahl らの処方による鼓脹症誘起飼料¹⁹⁾（ばん碓大麦61%、アルファルファミール22%、大豆粕16%、食塩1%、以下、誘起飼料と略す）を用いた。試験はまず予備期を7日間設け、乾草のみを給与した。ついで切換期を7日間設け、徐々に乾草から誘起飼料へ切換を行った。ついで誘起飼料給与期を7日間設け、誘起飼料のみを給与した（第10図）。

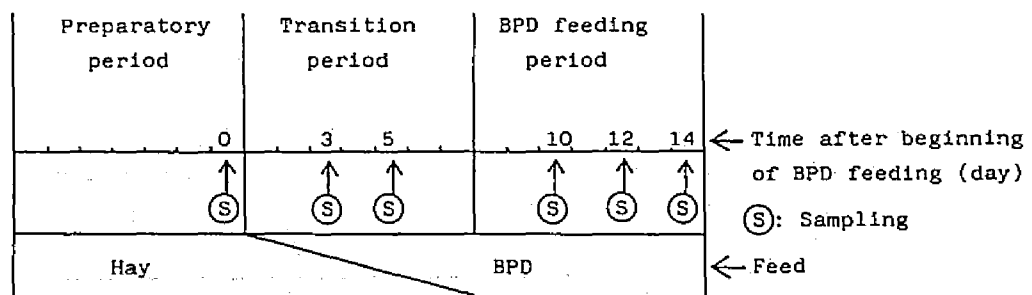


Fig. 10. Experimental schedule.

BPD: Bloat-producing diet.

飼料の給与量は各期とも1日あたり体重の3%量（風乾物量）とし、9:00 と 17:00 に等分給与した。水および無機塩類（鉍塩：日本全薬工業製）は自由に摂取させた。第一胃内容液の採取は、予備期に1回、切換期に2回、誘起飼料給与期に3回の計6回行い、朝の給餌直前および給餌後2時間目に第一胃フイステルよりカテーテルを用いて約100 ml ずつ採取した。測定項目は、第一胃内容液の pH、粘度、可溶性炭水化物含量、原虫

数とした。pH は第一胃内容液採取後、直ちに pH 試験紙を用いて測定した。ついで二重ガーゼでろ過し、ろ液の一部を MHS 染色液⁸⁾ で核染色し、原虫数の計数に用いた。残りのろ液を 15,000×G で 20 分間遠心分離し、その上澄液を用いて、前章と同様の方法で粘度と可溶性炭水化物含量の測定を行った。纖毛虫数は、前章と同様に Holotrichs と Entodiniomorphs に区別して¹²⁾ 計数した。

第3節 結 果

本試験に用いた誘起飼料の一般成分含量は第5表に示すとおりである。

Table 5. Chemical composition of bloat-producing diet (%)

Moisture	Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber	Crude ash
12.1	18.0	2.2	54.8	7.9	5.0

第一胃内容液の pH 値の経日変化を第11図に示した。

測定したすべての試料において、給餌直前の値より給餌後2時間目の値の方が低かった。給餌後2時間目の値についてみると、第4回目採取日（誘起飼料給与期）には全めん羊とも5.0となり、予備期の平均値6.3から大幅に低下し、以後、低い値を示した。また、給餌直前の値も、第4回目採取日（誘起飼料給与期）に低い値を示したが、その後必ずかに高い値を示した。また誘起飼料給与期においては、必ずかではあるが個体差がみ

られた。

次に第一胃内容液の粘度の経日変化を第12図に示した。

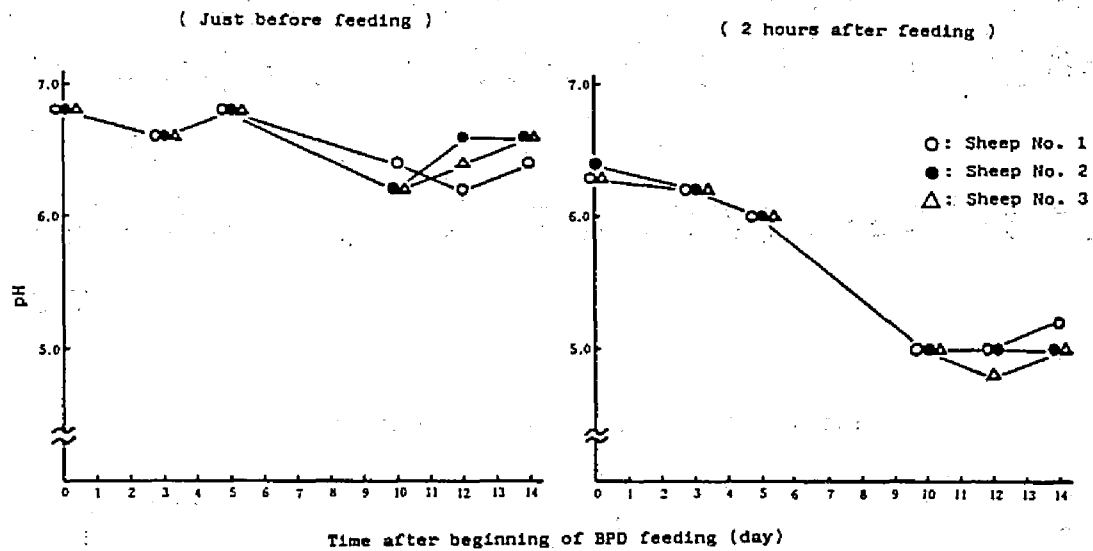


Fig. 11. Changes in pH value of rumen fluid.

BPD: Bloat-producing diet.

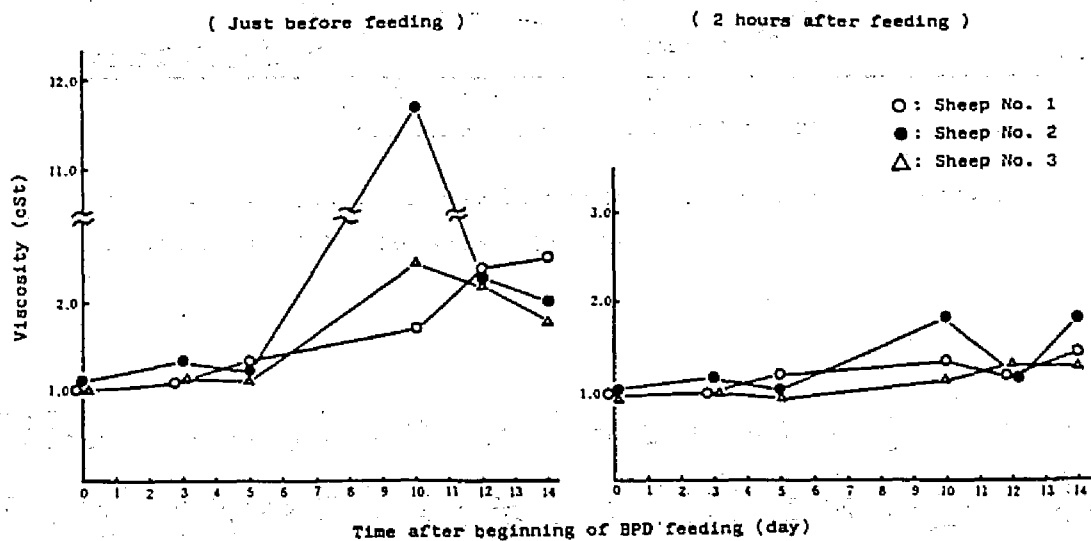


Fig. 12. Changes in viscosity of rumen fluid.

BPD: Bloat-producing diet.

給餌後2時間目の粘度の値は、いずれも給餌直前の値よりや

や低かった。いずれの時間においても、予備期から誘起飼料へと飼料の切換が進むにつれて粘度は高くなった。給餌直前の値では、予備期（乾草給与期）の平均値が1.08 cStであるのに対し、第一胃内容液が泡沫状を示した第4回目採取日（誘起飼料給与期）には平均値が5.28 cStと急激に高くなり、個体差も大きくなった。

次に第一胃内容液の可溶性炭水化物含量の経日変化を第13図に示した。

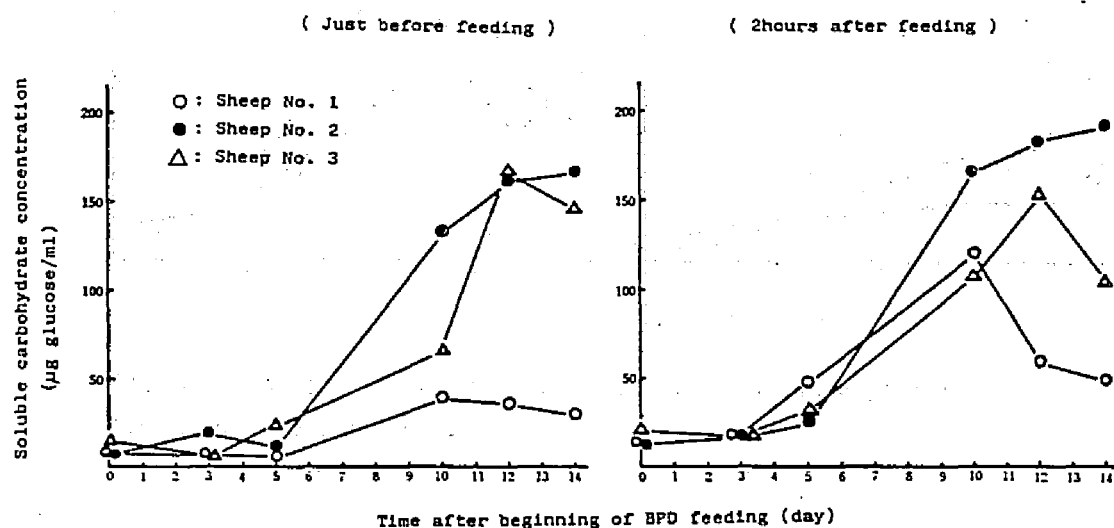


Fig. 13. Changes in soluble carbohydrate concentration in cell-free rumen fluid. BPD: Bloat-producing diet.

可溶性炭水化物含量は、給餌後2時間目の値がいずれも給餌直前の値よりやや高い値を示した。給餌直前の値は、予備期の平均値 $9.7 \mu\text{g glucose/ml}$ が、第4回目採取日には $79.7 \mu\text{g glucose/ml}$ （平均値）と大幅に増加し、以後高い値を示した。給餌後2時間目の値でも、給餌直前の値と同様に予備期では $16.2 \mu\text{g glucose/ml}$ （平均値）であったが、第4回目採取日に

は $131 \text{ mg glucose/ml}$ (平均値) と大幅に増加し、以後も高い値を示した。第一胃内容液が泡沫状を示し始めた第4回目採取日以後は、いずれの時間においても個体差が大きくなった。

次に繊毛虫数について、Entodiniomorphs と Holotrichs とに区別して、それぞれの経日変化を第14図と第15図に示した。

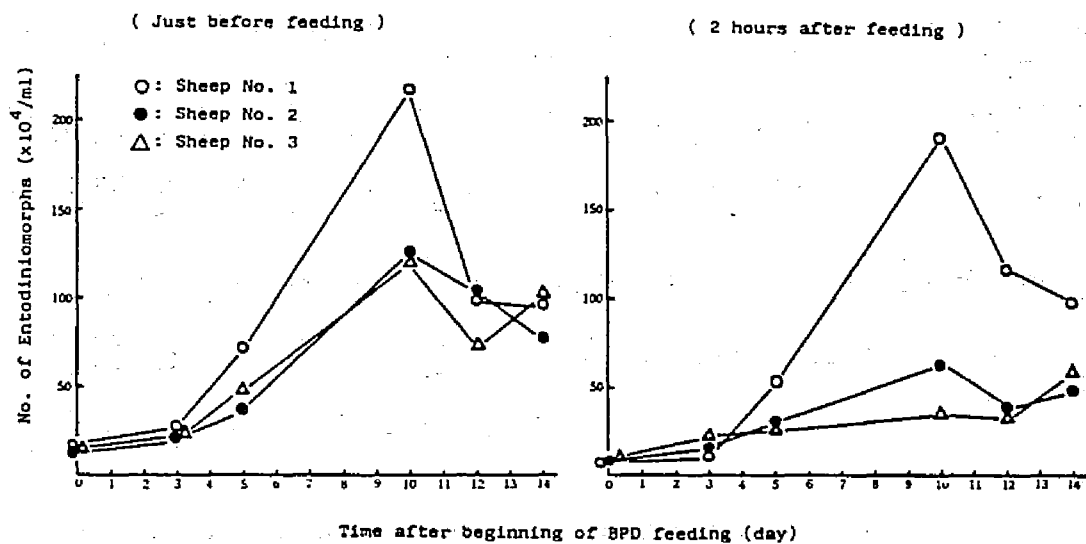


Fig. 14. Changes in number of Entodiniomorphs of rumen fluid.

BPD: Bloat-producing diet.

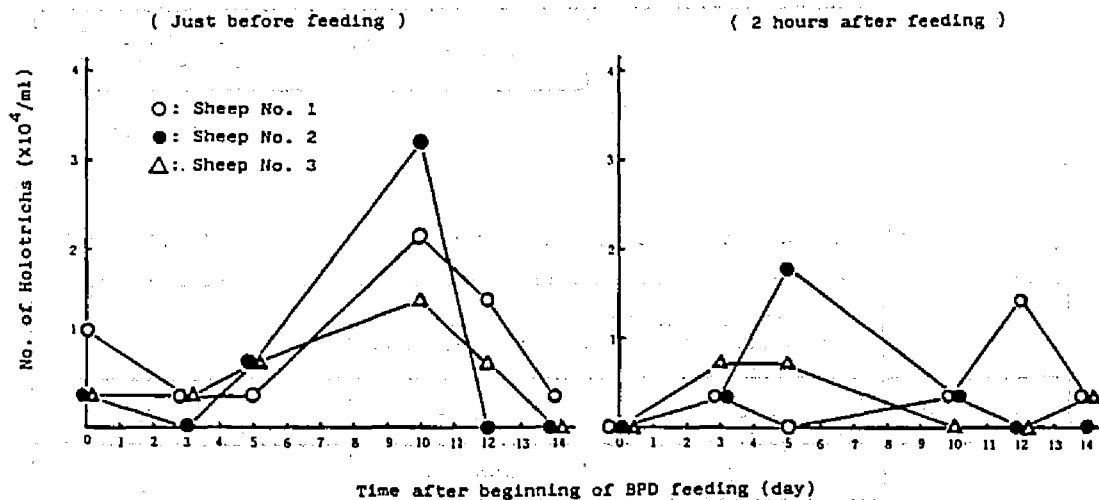


Fig. 15. Changes in number of Holotrichs of rumen fluid.

BPD: Bloat-producing diet.

Entodiniomorphs 数は給餌後2時間目の方が給餌直前より少なかった。給餌後2時間目では、予備期の平均値が $9.4 \times 10^4/\text{ml}$ であったが、第4回目採取日の平均値は $96.5 \times 10^4/\text{ml}$ と約10倍に増加していた。給餌直前の値も、予備期の平均値 $15.6 \times 10^4/\text{ml}$ から、第4回目採取日には $154.4 \times 10^4/\text{ml}$ と非常に増加していた。また、誘起飼料給与期では個体差も大きくなった。

Holotrichs 数は、試験期を通じて数が少なく、給餌直前では、第4回目採取日に全めん羊とも増加し、その後はまた減少した。給餌2時間目の値では特にはっきりした傾向はつかめなかった。

次に、第一胃内容液の採取時間別に、第一胃内容液の pH、粘度、可溶性炭水化物含量および Entodiniomorphs 数の間の相関係数を第6表と第7表に示した。

Table 6. Correlation among rumen traits (just before feeding)

	No. of Entodiniomorphs	Concentration of soluble carbohydrate	Viscosity
pH	$r=-0.6648^{**}$	$r=-0.3888$	$r=-0.5710^*$
Viscosity	$r=0.3832$	$r=0.4120$	
Concentration of soluble carbohydrate	$r=0.4228$		

* $P<0.05$, ** $P<0.01$.

Table 7. Correlation among rumen traits (2 hours after feeding)

	No. of Entodiniomorphs	Concentration of soluble carbohydrate	Viscosity
pH	$r=-0.5992^{**}$	$r=-0.8558^{***}$	$r=-0.6947^{**}$
Viscosity	$r=0.4221$	$r=0.7590^{***}$	
Concentration of soluble carbohydrate	$r=0.3364$		

** $P<0.01$, *** $P<0.001$.

給餌直前では、pH と Entodiniomorphs 数、pH と粘度の間に有意な負の相関 ($P<0.01$, $P<0.05$) が認められた。給餌後2時間目では、pH と Entodiniomorphs 数、可溶性炭水化物含量および粘度との間に有意な負の相関 ($P<0.01$, $P<0.001$, $P<0.01$)、粘度と可溶性炭水化物含量との間に有意な正の相関 ($P<0.01$) が認められた。

次に、給餌直前および給餌後2時間目の測定値を総合した場合の各測定項目間の相関を第8表に示した。

Table 8. Correlation among rumen traits (both samplings)

	No. of Entodiniomorphs	Concentration of soluble carbohydrate	Viscosity
pH	$r=-0.1850$	$r=-0.5432^{***}$	$r=0.0395$
Viscosity	$r=0.3618^*$	$r=0.2930$	
Concentration of soluble carbohydrate	$r=0.3369^*$		

* $P<0.05$, *** $P<0.001$.

pH と可溶性炭水化物含量の間に有意な負の相関 ($P<0.001$) が認められ、Entodiniomorphs 数と、粘度および可溶性炭水化物含量の間に有意な正の相関 ($P<0.05$) が認められた。

第4節 考 察

本試験では、誘起飼料給与期に入った第4回目の採取日には、全供試羊とも第一胃内圧がかなり高くなっており、フラスコの開栓と同時に細かい泡沫状を呈した内容液が吹き出してきた。このことから、すでに軽度の泡沫性鼓脹症を起こしていたものと考えられた。また、誘起飼料給与期に各測定項目の数値にか

なり個体差がみられ、このことから鼓脹症に対する感受性に個体差の大きいことが推測できる。

本試験では、給餌2時間目の可溶性炭水化物含量と粘度の間に正の相関 ($P < 0.001$) が認められ、給餌直前においても粘度が高い時は可溶性炭水化物含量が多いという傾向 ($r = 0.4120, n = 18$) がみられた。このことから、第一胃内容液の可溶性炭水化物含量の多少は粘度に影響する要因の一つと考えてさしつかえないだろう。また、給餌後2時間目の pH と可溶性炭水化物含量との間に負の相関 ($P < 0.001$) が認められた。前章で、給餌後1時間目に第一胃内容液中の可溶性炭水化物含量が最も多くなったことを述べたが、この可溶性炭水化物含量が多いほど、細菌による VFA 発酵が急激に起こり、pH の低下が促進されたものと考えられる。

pH と粘度との関係について Cheng and Hironaka⁷⁾ は、微細な濃厚飼料を与えた牛の第一胃内容液を用いた *in vitro* の試験で、pH が 5.5 ~ 5.8 および 7.5 ~ 8.5 の時に粘度が高くなったが、粒度の粗い濃厚飼料を与えた牛の第一胃内容液を用いた場合は、pH の値はほとんど粘度に影響しなかったと報告している。したがって、粘度と pH の関係には、給与飼料の種類が大きく影響すると思われるが、本試験では粒度の細かい濃厚飼料を用いており、可溶性炭水化物の急激な発酵により VFA の生成が促進され、pH が低下し、上記の粘度の高くなりやすい pH 域に入ったものと考えられ、粘度が高くなったために泡沫の安定性が増したものと考えられた。

第一胃内容液の可溶性炭水化物含量の多少が、第一胃内微生物

物の活性あるいは生死に影響を与えることは当然考えられるが、この第一胃内微生物の生死が第一胃内容液の粘度に影響をおよぼす可能性は十分考えられる。第一胃内微生物と第一胃内容液の粘度との関係については、第3編第2章で検討を加える。

第5節 摘要

イネ科乾草のみによる飼養から、大麦61%、アルファアルファミール22%、大豆粕16%、食塩1%からなる鼓脹症誘起飼料に徐々に切換を行った場合のめん羊の第一胃内容液の性状の変化を調べた。午前の給餌直前および給餌後2時間目に、第一胃フイステルを装着しためん羊3頭から第一胃内容液を採取し、第一胃内容液のpH、粘度、可溶性炭水化物含量および原虫数を調べた。

乾草から配合飼料へ飼料の切換が進むにしたがって、いずれの採取時間においてもpHは低下し、粘度、可溶性炭水化物含量および纖毛虫数（Entodiniomorphs 数）は増加した。誘起飼料給与期には各項目の測定値に個体差が大きくなった。各測定項目間の相関を調べたところ、給餌後2時間目においては、pHと、Entodiniomorphs 数、可溶性炭水化物含量および粘度の間にいずれも有意な負の相関がみられ、粘度と可溶性炭水化物含量の間に正の相関（ $P < 0.001$ ）がみられた。

第4章 鼓脹症誘起飼料給与時の鼓脹症指数および 第一胃内圧の経時変化

第1節 緒言

鼓脹症を診断する場合、左脇腹の触診、視診によって鼓脹症指数で表わすことが一般的である^{20, 21, 22)}。本研究では鼓脹症誘起飼料¹⁹⁾を用いて試験を行っているが、この場合の鼓脹症指数および第一胃内圧について把握しておく必要がある。

そこで本章では、めん羊に鼓脹症誘起飼料（以下、BPDと略す）を給与し、人工的に鼓脹症を発生させた時の第一胃内圧と鼓脹症指数の経時変化について検討した。

第2節 材料および方法

第一胃フィステルを装着しためん羊3頭を供試した。通常の飼料から徐々にBPDのみでの飼養に切換え、BPDのみを給与させた時期に、鼓脹症指数および第一胃内圧を、それぞれ10回測定した。鼓脹症指数は、鼓脹の程度に応じて6段階（0-鼓脹なし、1-わずかな鼓脹、2-軽度鼓脹、3-中度鼓脹、4-重度鼓脹、5-極限状態）に分類したJohnsonら²²⁾の判定基準を用いて判定した。第一胃内圧は、小型の第一胃フィステル（内径12mm）に水銀マンメーターを接続して測定した。すなわち、ポリエチレン製の第一胃フィステルのふたにバイアル瓶用のゴム栓を装着し、これにマンメーターに接続した内径3.5mmの套管針を突刺して測定した。これらの測定は、朝の給餌直前から

夕の給餌直前まで、1時間毎に1日9回行った。

第3節 結果および考察

本試験には、第一胃フラステルのしかり装着されためん羊を用いたため、測定中に第一胃フラステル周囲からのガスもれは観察されなかった。

鼓脹症指数および第一胃内圧の経時変化を、それぞれ第16図と第17図に示した。

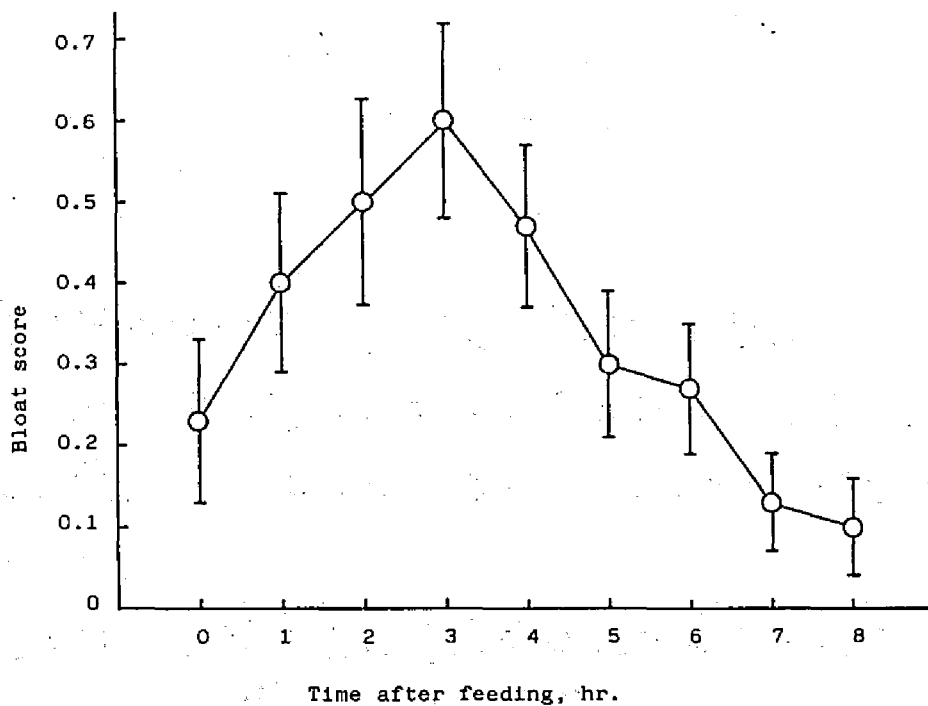


Fig. 16. Hourly changes in bloat score.

Vertical lines indicate S. E.

鼓脹症指数の経時変化についてみると、朝の給餌直前には平均値0.23を示し、その後漸増した。給餌後3時間目には最高値0.60となり、その後漸減し、夕の給餌直前の給餌後8時間目には0.10となった。

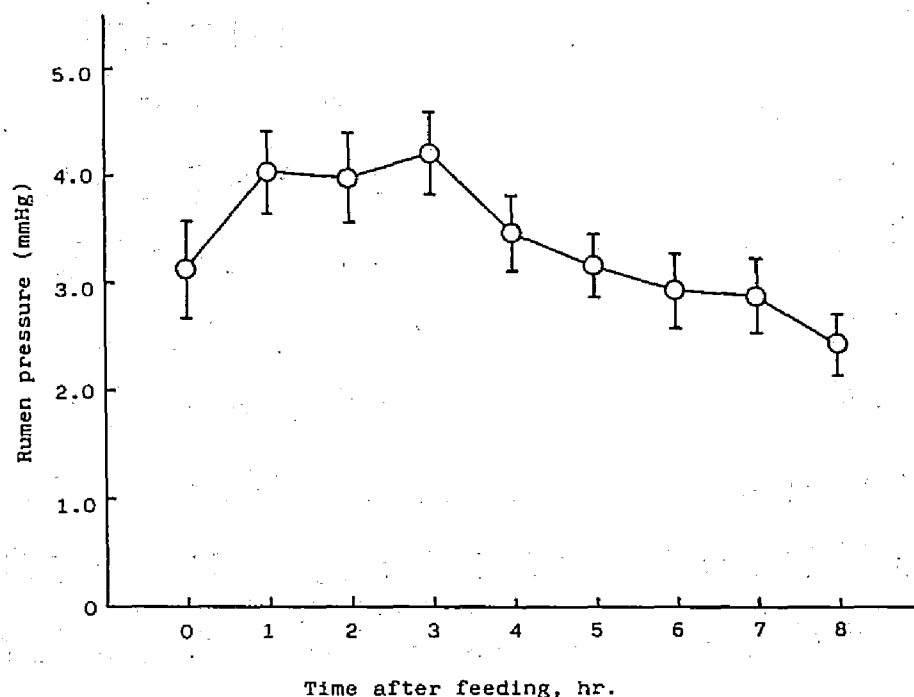


Fig. 17. Hourly changes in rumen pressure.

Vertical lines indicate S. E.

第一胃内圧の経時変化も、鼓脹症指数の経時変化の様相と同じように、朝の給餌直前には平均値 3.13 mmHg を示し、給餌後 3 時間目には最高値 4.22 mmHg となり、給餌後 8 時間目には 2.43 mmHg となった。

鼓脹症に対する感受性に個体差が大きくみられることは、よく知られているが^{1,20)}、本試験に供試しためん羊には、感受性のやや高い個体と、明らかに低い個体が含まれていたため、本試験で得られた鼓脹症指数および第一胃内圧のそれぞれの測定値は変動中の大きいものとなった。実際の測定値は、鼓脹症指数で 0 から 2 までの値が観察され、第一胃内圧では 0 ~ 11 mmHg という数値が得られた。鼓脹症指数と第一胃内圧の双方とも、朝の給餌直前の値が夕の給餌直前の値より高い値を示したが、こ

の原因として、夜間の方が昼間より飲水量が少なかったためではないかと推察される。

ところで、フィードロット鼓脹症の発症は、一般に緩慢であり、慢性的であるとされている³⁾。フィードロット牛の給餌形態は不断給餌であり、この場合、第一胃内圧の高くなっている状態では食欲が低下しているはずであり、第一胃内圧が少しでも低くなり食欲が出るとようやく飼料を摂取し、再び第一胃内圧が高くなるという経過が繰返されるため、慢性的な症状を呈するのであろう。本試験では1日2回に分けて給餌したため、飼料給与後3時間目に鼓脹症指数および第一胃内圧の両方が最高値を示すという経時変化を示したが、最高値を示すまでに3時間もかかっていることから、本試験に用いた飼料が不断給餌された場合は、ほぼ慢性的な症状を示すことが十分予想され、上記の、フィードロット鼓脹症は慢性的であるとある³⁾という説と矛盾するものではないと考えられる。

第4節 摘要

第一胃フイステルを装着しためん羊3頭を供試し、鼓脹症誘起飼料給与時の鼓脹症指数および第一胃内圧の経時変化について検討した。

供試めん羊のフイステルからの第一胃内ガスのものは観察されなかった。鼓脹症指数は0から2までの値が観察され、第一胃内圧では0~11 mmHgという数値が得られた。両測定項目とも、朝の給餌後漸増し、給餌後3時間目に最高値を示し、その後漸減するという、同じような経時変化の様相を示した。

第5章 鼓脹症指数と第一胃内性状との関連性

第1節 緒言

前章で、鼓脹症誘起飼料給与時の第一胃内圧と鼓脹症指数の経時変化について検討した。Lippke ら²³⁾ は、牛およびめん羊で鼓脹症指数と第一胃内圧との間に高い相関を認めているが、鼓脹症指数と第一胃内性状との関係についての研究は従来あまり行われていない。

そこで本章では、めん羊に鼓脹症誘起飼料¹⁹⁾を給与し、鼓脹症を発症させ、鼓脹症指数と、第一胃内圧および第一胃内容液性状との関連性を調べた。

第2節 材料および方法

第一胃フイステルを装着しためん羊2頭を供試した。乾草給与期を2週間、市販の肉牛用配合飼料給与期を4週間、鼓脹症誘起飼料（以下、BPDと略す）給与期を6週間設け、それぞれの時期に、鼓脹症指数、第一胃内圧、第一胃内容液性状について測定を繰返した。乾草および肉牛用配合飼料の給与量は1日あたり体重の2.0%量（風乾物量）とし、BPDの給与量は2.5%量とした。これらを朝夕等分に給与した。鼓脹症指数の判定、第一胃内圧の測定および第一胃内容液の採取は朝の給餌後2時間目に行った。鼓脹症指数は、前章と同様に、Johnson ら²²⁾の判定基準を用いて判定した。第一胃内圧も前章と同様に、小型の第一胃フイステル（内径12mm）に水銀マンメーターを接続して

測定した。第一胃内圧測定後、約 400 ml の第一胃内容液を採取し、直ちにガラス電極 pH 計で pH を測定した。Ingesta Volume Increase (以下、IVI と略す) および Stable Ingesta Volume Increase (以下、Stable IVI と略す) の測定は Jacobson ら²⁴⁾の方法によった。第一胃内容液のガス産生量は、50 ml の注射筒を用いて行った。まず、第一胃内容液を 20 ml とり、先端を密栓して、39°C で 2 時間静置培養し、ガスの産生量を測定した。第一胃内容液の粘度は、一重ガーゼでろ過した状態で落球式粘度計を用いて、また、15,000×G で遠沈した上澄液をオストワルド動粘度計で、それぞれ 39°C の恒温水槽内で測定した。これらの測定をのべ 49 例について行った。

第3節 結果および考察

本試験で観察された鼓脹症指数は、Johnson ら²²⁾の 6 段階の判定基準のうちの 0~3 までの 4 段階のみであり、重度の鼓脹症は観察されなかった。めん羊に春季の生アルファルファ茎葉を与えて観察した Lippke らの報告²³⁾でも、本実験と同様に 6 段階の基準のはじめの 4 段階であり、めん羊の場合、重度の鼓脹症を実験的に発症させるのは困難であると考えられる。また、第一胃内圧では、0~23 mmHg という数値が得られたが、これは前述の Lippke らの報告²³⁾ (-2~17 mmHg) と近い数値であった。本試験には、第一胃フィステルのしっかり装着されためん羊を選んで供試したため、測定中に第一胃フィステル周囲からのガスもれは観察されず、鼓脹症指数および第一胃内圧に対して、第一胃フィステル装着の影響はあまりなかったものと考えられ

る。第一胃内容液の pH 値は、乾草給与時の 6.85 から BPD 給与時の 5.20 までの数値を示した。第一胃内容液の容積増加能を示す IVI 値は、1.5 % (乾草給与時) から 67.5 % (BPD 給与時)、また第一胃運動を受けた際の泡沫の安定度の指標となる Stable IVI 値は、0 % (乾草給与時) から 85.0 % (BPD 給与時) までの数値を示した。2 時間の静置培養におけるガス産生量では、第一胃内容液 100 ml あたり 7.5 ml (乾草給与時) から 140.0 ml (BPD 給与時) までの数値が得られた。第一胃内容液の粘度では、ガーゼでろ過した液、すなわち、大きい飼料片等は取り除き、プロトゾア、細菌を含んだ状態での粘度は、7.74 cSt (乾草給与時) から 2445.3 cSt (BPD 給与時) と非常に高かった。その液をさらに遠心分離にかけて、大部分の第一胃内微生物を取り除いた状態にした液の粘度は、1.17 cSt (乾草給与時) から 47.96 cSt (BPD 給与時) であった。

鼓脹症指数と第一胃内圧および上記の第一胃内性状の数値との相関について第 9 表に示した。

Table 9. Statistical relationships between bloat score and ruminal characteristics in sheep

Comparison	Correlation coefficient(r)	Regression equation ^{a)}
Rumen pressure vs. bloat score	0.727*** (n=42)	$Y=3.57X+3.64$
Ingesta Volume Increase (IVI) vs. bloat score	0.314* (n=49)	$Y=6.04X+29.07$
Stable IVI vs. bloat score	0.632*** (n=49)	$Y=14.0X+19.0$
Gas production vs. bloat score	0.259 (n=49)	
pH vs. bloat score	-0.232 (n=49)	
Viscosity vs. bloat score		
cell-free rumen fluid	0.576*** (n=48)	$Y=4.11X+1.62$
cell-inclusive rumen fluid	0.537*** (n=48)	$Y=200.7X-18.7$
IVI vs. gas production	0.975*** (n=49)	$Y=1.86X+12.35$

*P<0.05, ***P<0.001. ^{a)}X=bloat score; equations are rumen pressure in mm Hg, IVI in %, stable IVI in %, gas production in ml/100 ml rumen fluid, and viscosity in cSt.

鼓脹症指数と第一胃内圧との間に高い正の相関 ($P < 0.001$) が認められ、鼓脹症指数と、IVI 値、Stable IVI 値、粘度 (含、第一胃内微生物)、粘度 (除、第一胃内微生物) との間には、それぞれ正の相関が認められた。しかし、鼓脹症指数と pH との間には有意な相関が認められず、鼓脹症指数とガス産生量との間にも有意な相関は認められなかった。

以上の結果、鼓脹症指数は十分に第一胃内圧を反映したものであること、さらに、第一胃内容液の泡沫の安定度を示す Stable IVI の値と、2通りの方法で測定した第一胃内容液の粘度は、いずれも鼓脹症指数と相関が高く、これらの数値によって鼓脹症の程度が推定し得ることが示された。また、第一胃内容液の容積増加という面から鼓脹症をとらえる場合、鼓脹症指数とガス産生量との間に有意な相関が得られなかったこと、さらに、静置培養時の第一胃内容液の容積増加能を示す IVI 値は、ガス産生量との間に高い相関が認められたが、鼓脹症指数との相関が低かった ($P < 0.05$) ことから、総ガス産生量ではなくて、そこから体外に容易に排出されるガスを除外したガス量が鼓脹症に関係すると考えられた。したがって、第一胃内容液の容積増加能に関する性状のうち、鼓脹症指数との関連が最も深いのは、第一胃内容液中に発生した泡沫の安定度の指標となる Stable IVI であると考えられた。

第4節 摘要

第一胃フイステルを装着しためん羊2頭を供試し、鼓脹症指数と第一胃内性状との関連性について検討した。供試めん羊の

第3編 鼓脹症抑制剤投与による第一胃内性状の変化

第1章 抗生物質モネンシン投与が第一胃内容液 性状および採食・反すう行動に及ぼす影響

第1節 緒言

第2編において、フィードロット鼓脹症と第一胃内性状との関係について検討してきた。

ところで古くから、放牧管理や、抗細菌剤または抗泡沫形成剤の投与といった、鼓脹症予防法が実施されてきた^{1,3)}。フィードロット鼓脹症では、第一胃内容液が泡沫状になることが重要な発生要因であり、予防あるいは治療の方法として第一に考えらることは、泡沫形成を阻止することである。このために粗飼料を多く摂取させることは十分に効果があるが、濃厚飼料摂取量が減り、肥育期間が長くなるため、経済的損失が大きいと考えらる。

ところで、Streptomyces cinnamonensis によって生産される抗生物質モネンシンを、濃厚飼料を多給している肉牛に投与すると、第一胃内での VFA 発酵の様相が変化し²⁵⁾、飼料効率が改善されることが認められ^{26, 27, 28)}、既に欧米諸国では実用的に肉牛仕上げ飼料に添加され使用されている。さらに、このモネンシンは肉牛の鼓脹症の発生を抑えるようだという観察がされている²⁹⁾。

そこで本章では、抗細菌剤としてモネンシンを供試し、泡沫形成能の面から第一胃内容液の性状に及ぼす影響について検討

し、合わせて、採食・反おうなどの日常行動の面に及ぼす影響についても検討した。

第2節 材料および方法

第一胃フィステルを装着したコリデール種雌めん羊2頭を用いた。供試めん羊は個別に $1.4\text{m} \times 1.3\text{m}$ の囲いに入れ、飲水、鉱塩は常時与えた。基礎飼料には、肉牛用配合飼料（以下、配合飼料と略す）およびオーチャードグラス主体のイネ科乾草を用い、これらを2対1の割合で1日あたり体重の2.5%量（風乾物量）を、9:00および17:00に等分に給与した。試験は、予備期を1週間設け、ついでモネンシン無添加期（以下、無添加期と略す）を1週間、続いてモネンシン添加期（以下、添加期と略す）を1週間設けた。添加期にはモネンシンを配合飼料に20 ppm 添加した。無添加期、添加期の双方とも、4日目、6日目に第一胃内容液の採取を行い、5日目に9:00から24:00までの15時間、7日目に24時間の行動観察を行った。この一連の試験を、行動観察については2回反復し、第一胃内容液の採取については3回反復した。

第一胃内容液の採取は、朝の給餌後2時間目に行った。第一胃内容液採取後、直ちに pH 試験紙を用いて pH を測定した。次に IVI および Stable IVI の測定を行った（第2編第5章参照）。粘度は、採取した第一胃内容液を二重ガーゼでろ過し、ろ液を $15,000 \times G$ で20分間遠沈し、その上澄液を用いて、 39°C の恒温水槽内で測定した（第2編第2章参照）。繊毛虫の計数は、Entodiniomorphs と Holotrichs に区別して行った（第2編第2章

参照)。

行動観察は、採食時間、反すう時間、飲水回数、排糞回数、排尿回数、横臥時間について2分間隔で記録した。さらに、飲水量は1時間毎に、残食量は次の給餌時に測定した。

第3節 結果

第一胃内容液性状におよぼすモネンシンの影響について第10表に示した。

Table 10. Effects of monensin on various rumen traits

Monensin (ppm)	pH	IVI (%)	Stable IVI (%)	Viscosity (cSt)	Number of protozoa ($\times 10^4$ /ml)	
					Entodiniomorphs	Holotrichs
Control	5.49 \pm 0.05 ^a	12.83 \pm 1.78	10.96 \pm 2.12	1.39 \pm 0.06	98.2 \pm 18.7	0.40 \pm 0.14
20	5.60 \pm 0.07	8.83 \pm 1.31	3.58 \pm 0.94 ^{**}	1.32 \pm 0.07	51.2 \pm 11.6 [*]	0.27 \pm 0.09

a: Mean \pm S.E.

*, **: Significantly different from control at $P < .05$, $P < .01$, respectively.

モネンシン添加により、Stable IVI の値は無添加期 10.96 % から添加期 3.58 % と小さくなった ($P < 0.01$)。pH は無添加期 5.49 から添加期 5.60 とわずかに高くなる傾向を示し、IVI 値、粘度の値はそれぞれ無添加期 12.83 %、1.39 cSt から添加期 8.83 %、1.32 cSt といくぶん小さくなる傾向を示した。繊毛虫数では、モネンシン添加により Entodiniomorphs が減少し ($P < 0.05$)、Holotrichs も減少する傾向を示した。

次に、日常行動におよぼすモネンシンの影響を、1日24時間を3時間毎に区分し、それぞれの時間帯における平均値で示し

た。採食時間について第18図に示した。

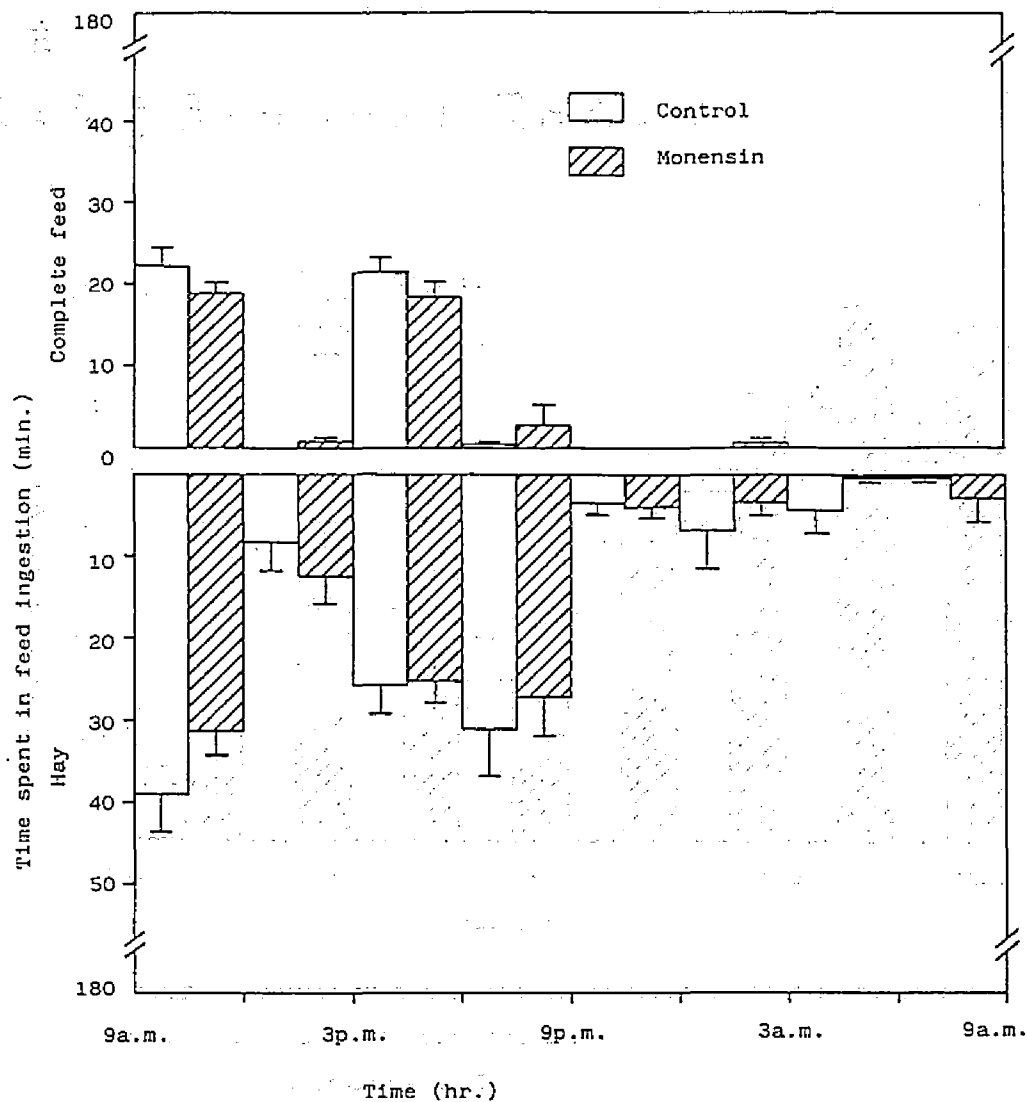


Fig. 18. Time spent in feed ingestion, in 3-hr subperiods under conditions of twice feeding a day (9a.m. and 5p.m.).

Vertical lines indicate S. E.

乾草、配合飼料のいずれも、添加期は無添加期より朝の給餌後数時間の時間帯での減少傾向が見られ、その後の時間帯では逆にわずかに増加し、採食に費やす時間帯が分散する傾向がみられた。配合飼料の採食時間は、1日あたりの平均値で無添加期

44.0分から添加期41.5分となり、乾草の採食時間は、無添加期120分から添加期107分となり、いずれもモノニン添加により減少する傾向を示した。また、残食量は添加区の方が約8%多かった。

反すう時間について第19図に示した。

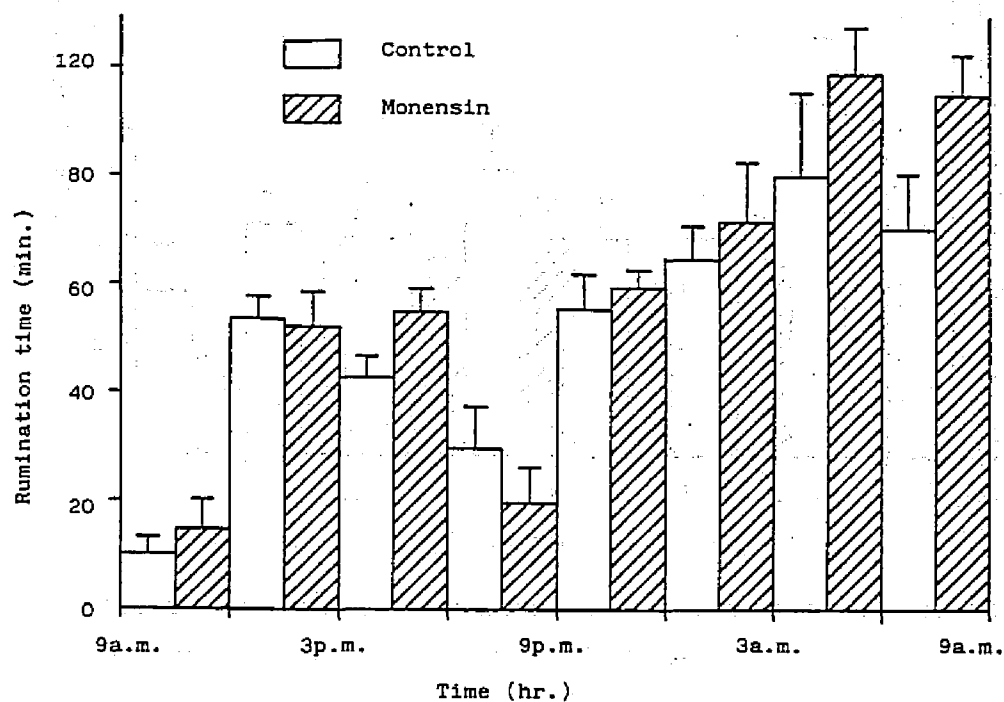


Fig. 19. Rumination time, in 3-hr subperiods under conditions of twice feeding a day (9a.m. and 5p.m.).

Vertical lines indicate S. E.

0p.m. - 3p.m.、6p.m. - 9p.m.の時間帯以外はすべて添加期の反すう時間が長い傾向を示し、特に夜間の増加が目立った。1日あたりの平均値では、無添加期405.5分から添加期465.8分と、約15%添加期の方が長くなった。

次に排糞回数について第20図に示した。

添加期の方がどの時間帯でも少なくなっており、1日あたり

の平均値では、無添加期 20.3 回から添加期 15.5 回と約 23 % 少なくなった。

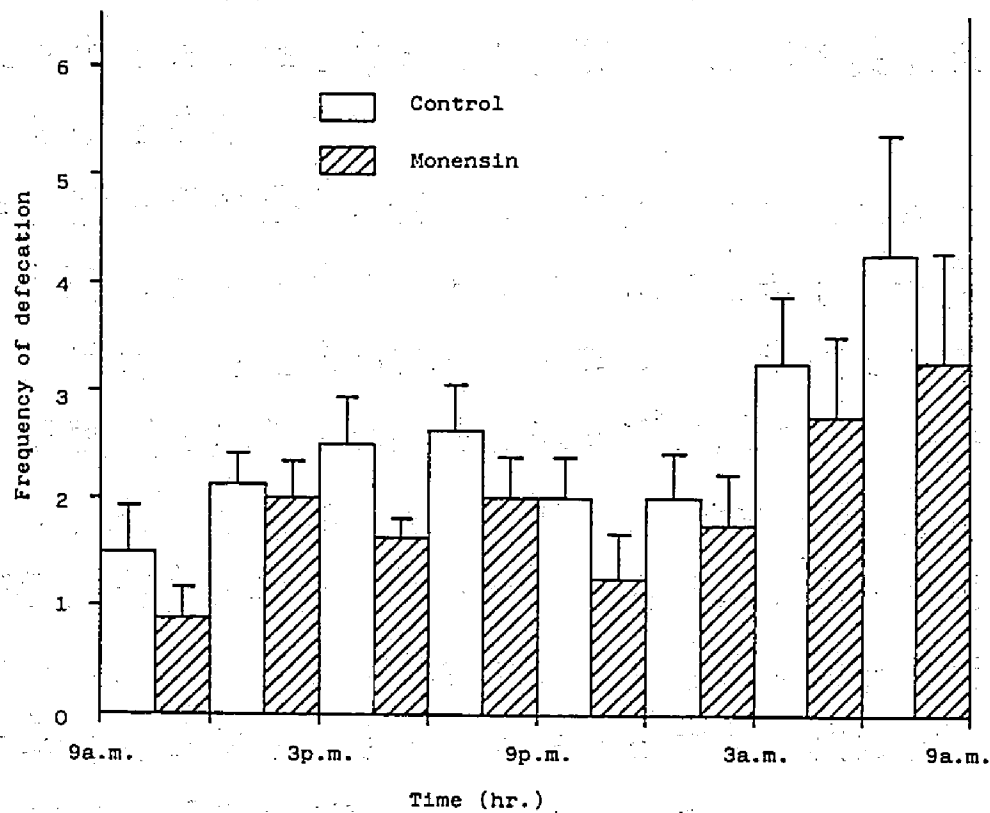


Fig. 20. Frequency of defecation, in 3-hr subperiods under conditions of twice feeding a day (9a.m. and 5p.m.). Vertical lines indicate S. E.

排尿回数、飲水回数、飲水量、横臥時間では、いずれもはっきりしたモノニン添加の影響はみられなかった。

第4節 考 察

第2編第5章で、第一胃内容液の容積増加能に関する性状のうち、鼓脹症指数との関連が最も深いのは、第一胃内容液中に発生した泡沫の安定度の指標となる Stable IVIであろうと考察した。

本試験において、モネンシン添加によりIVI値が小さくなる傾向を示し、StableIVI値は有意に小さくなったことから、モネンシン添加により、第一胃内容液中に発生したガスが体外に放出されやすくなったと考えられ、鼓脹症抑制効果が大きいと期待できるものと思われる。

さらに、第一胃内容液の粘度は、モネンシン添加により1.39 cSt から 1.32 cSt とわずかに低くなる傾向を示し、粘度の点からみても、泡沫の安定性が低くなったことが示唆される。

また、本試験でみられた繊毛虫数の減少傾向は、Sakauchi and Hoshino の報告²⁹⁾と同様のものではあった。本試験で得られたIVI、StableIVI、粘度の数値は、いずれも危険性の高い数値とは考えられないが、これは基礎飼料に乾草と通常の肉牛用配合飼料という比較的安全なものを用いたためであり、次章で、鼓脹症を起こしやすい飼料を供試した場合に、モネンシンのこうした効果がよりはっきり現れるものかどうか、さらに検討する。

行動面におけるモネンシンの影響をみると、採食時間では、配合飼料、乾草のいずれについても添加期の方が短くなり、また残食量が多くなった。このことは、肥育牛にモネンシンを投与すると、増体量は変わらずに飼料摂取量が少なくなるために飼料効率が良くなるという、モネンシンの飼料節減効果^{26, 27, 28)}と合致するものといえる。また、添加期の方が採食に費やす時間帯が分散する傾向を示したが、このことから、第一胃内での発酵が徐々に起こると考えられ、第一胃の恒常性を保つという意味からも望ましいと考えられる。反すう時間では、添加区で時間が長くなる傾向がみられた。鼓脹症発症時には、第一胃の

運動性や嘔気が阻害されている。反すうが活発に行われるということは、第一胃運動が活発であることを示し、同時に、嘔気反射も活発であると考えられる。したがって、反すう時間が長くなることは、鼓脹症の危険性がより少なくなるといえる。また、排糞回数、排尿回数について調べたところ、統計的に有意ではなかったが、添加期の排糞回数が無添加期より約23%少なくなった。このことは、モネンシンを添加して肉牛を肥育した場合に、牛舎の“ヨゴレ”が少なくなるとの観察が一部でなされていることと符合している。

第5節 摘要

モネンシンを添加して肉牛を肥育した場合に、鼓脹症の発生が少なくなるという一般にいわれている。

そこで本試験では、第一胃内容液性状および採食・反すう行動におよぼすモネンシンの影響について検討した。

第一胃フイステルを装着しためん羊2頭を供試し、基礎飼料には肉牛用配合飼料および乾草を用いた。モネンシン添加期にはモネンシンを配合飼料に20 ppm添加した。第一胃内容液は朝の給餌後2時間目に採取した。

その結果、第一胃内容液性状は無添加期、添加期のいずれも特に異常なものではなかったが、モネンシン添加により、IVI値と粘度の値は低下する傾向を示した。また、Stable IVI値は低下した($P < 0.01$)。さらに、モネンシン添加により採食時間が短くなり、採食に費やす時間帯が分散し、反すう時間が長くなる傾向がみられた。

第2章 鼓脹症誘起飼料を給与した場合の第一胃

内容液性状に及ぼすモネンシンの影響

I. 圧ぺん大麦を主原料とした鼓脹症誘起飼料の場合

第1節 緒言

前章において、肉牛用配合飼料とイネ科乾草を給与しためん羊にモネンシンを投与した場合、第一胃内容液性状と採食・反すう行動の面から、モネンシンに鼓脹症抑制効果のあることが示唆された。

そこで本章では、めん羊に鼓脹症誘起飼料を給与し、第一胃内容液性状の変化の様相から、モネンシンの鼓脹症抑制効果とその機構についてさらに検討を加えた。

第2節 材料および方法

供試動物には、第一胃フラステルを装着したサフォーク種雌めん羊8頭（平均体重41.1 kg）を用いた。供試めん羊は2群に分け、モネンシン添加区（以下、添加区と略す）、およびモネンシン無添加区（以下、無添加区と略す）にそれぞれ4頭ずつ割当てた。通常の配合飼料とハイキューブで飼養されていためん羊を、1週間かけて漸次鼓脹症誘起飼料¹⁹⁾（圧ぺん大麦61%、アルファルファミール22%、大豆粕16%、食塩1%）に切換え、その後、鼓脹症誘起飼料のみで5週間飼育した。モネンシンは、飼料切換え後、給与飼料に添加したが、めん羊は牛に比べてモネ

ンシンに対する感受性が高く³⁰⁾、予備試験で、30 ppm 投与すると飼料の食込みが悪くなったため、添加量は肉牛に投与されている量より少なくし、20 ppm とした。飼料給与量は、1日あたり体重の2.5%量(風乾物量)とし、8:30と17:00に等分給与した。飲水、鉱塩は常時与えた。第一胃内容液の採取は、第一胃フイステルから行い、飼料切換終了後、3、7、10、14、17、21、24、28、31、35日目の計10回、朝の給餌後2時間目に行った。

第一胃内容液採取後、直ちに pH 試験紙を用いて pH を測定した。次に IVI および Stable IVI の測定を Jacobson の方法²⁴⁾で行った。ガス発生量の測定は、50 ml の注射筒を用いて行った(第2編第5章参照)。粘度の測定は、第一胃内容液を二重ガーゼでろ過し、15,000×G で20分間遠沈し、この上澄液を用いて、39℃の恒温水槽内で、オストワルド動粘度計を用いて行った⁵⁾。可溶性炭水化物含量の測定は、アンスロン法¹¹⁾で行った。また、繊毛虫の計数は、第一胃内容液をガーゼでろ過することなく、直接 MHS 液で染色・固定し、栗原の方法^{8,31)}で検索して行った。細菌の計数は、湊の方法³²⁾でグラム染色性、形態、大きさにより24通りに分類して、直接検鏡法で行った。

第3節 結果

第一胃内容液の IVI の経日変化を第21図に、Stable IVI の経日変化を第22図に示した。

IVI は、試験開始後約3週間頃まで、添加区の値が無添加区の値よりかなり小さかった。その期間の日毎の平均値は、添加

区、無添加区それぞれ、19.6～41.3%、36.4～61.3%であった。しかし、その後、添加区のIVI値が次第に大きくなり、4～5週目頃には、無添加区の値との間に差がみられなくなった。

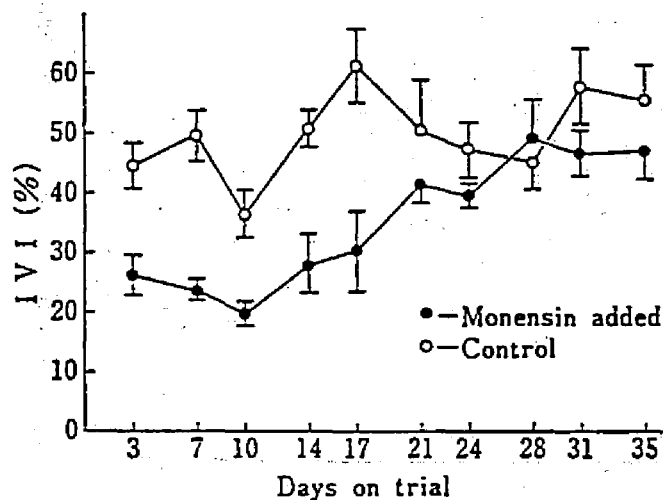


Fig. 21. Changes in ingesta volume increase (IVI) of rumen fluid. Vertical lines indicate S. E. (n=4).

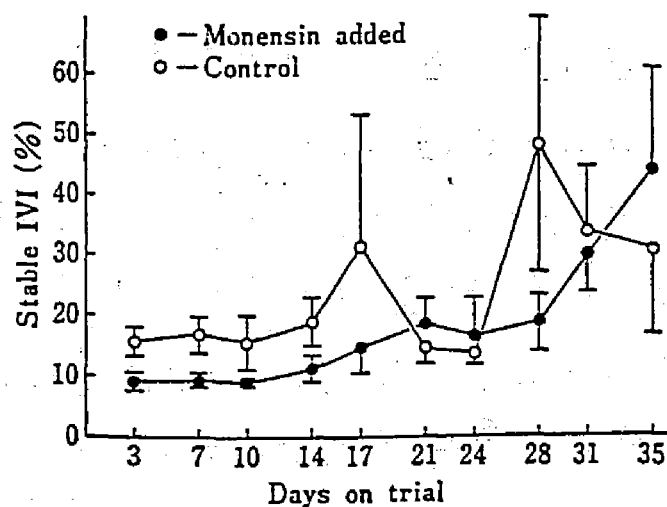


Fig. 22. Changes in stable IVI of rumen fluid. Vertical lines indicate S. E. (n=4).

Stable IVI では、添加区の値は試験開始後17日目まで無添加区の値より小さく、その後徐々に大きくなり、両区間に差が見ら

れなくなった。

次に、第一胃内容液採取後2時間のガス産生量の経日変化を第23図に示した。

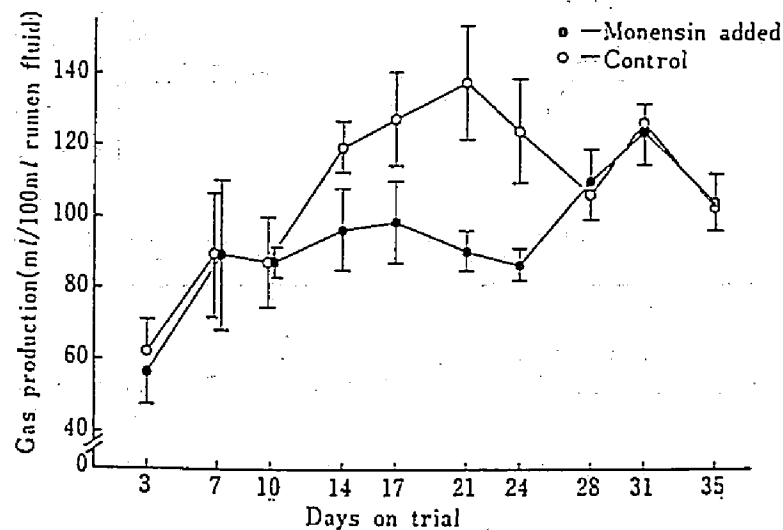


Fig. 23. Gas production of rumen fluid during 2 hr. after collection of rumen samples. Vertical lines indicate S.E. (n=4).

試験開始後10日目までは、両区の値に差はみられなかったが、無添加区ではその後も増加し、21日目には、第一胃内容液100mlあたり137.5mlとなった。しかし、添加区では10日目以降ほぼ横ばい状態であり、21日目の値は90.6mlであった。

次に、試験開始後14、17、21日目の第一胃内容液中の繊毛虫と細菌の種属構成について、第一胃内容液1ml中の数と、総数に対する比率を、それぞれ第24図と第25図に示した。

繊毛虫の構成では、Entodinium 属が主であったが、添加区の Dasytricha 属、Diplodinium 属の Eudiplodinium が少なく、さらに、Ophryoscolex 属が、第一胃液1ml中の数、構成比率の双方とも、無添加区の数値より少なかった ($P < 0.001$)。

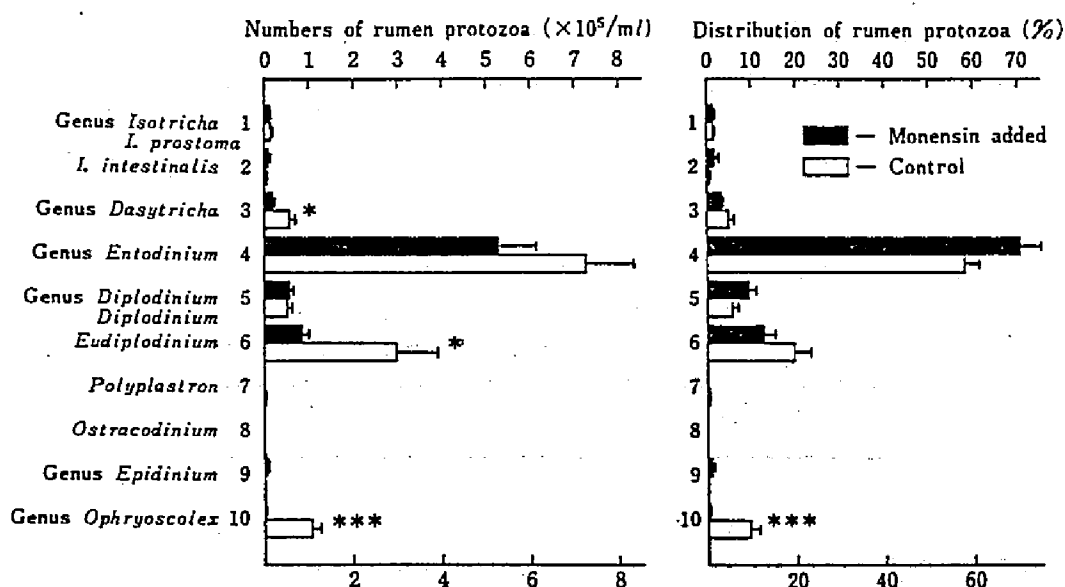


Fig. 24. Numbers and distribution of rumen protozoa in sheep. Data represent means of values measured on 14th, 17th and 21st day of trial. Lateral lines indicate S. E. (n=12). *, P<0.05. ***, P<0.001.

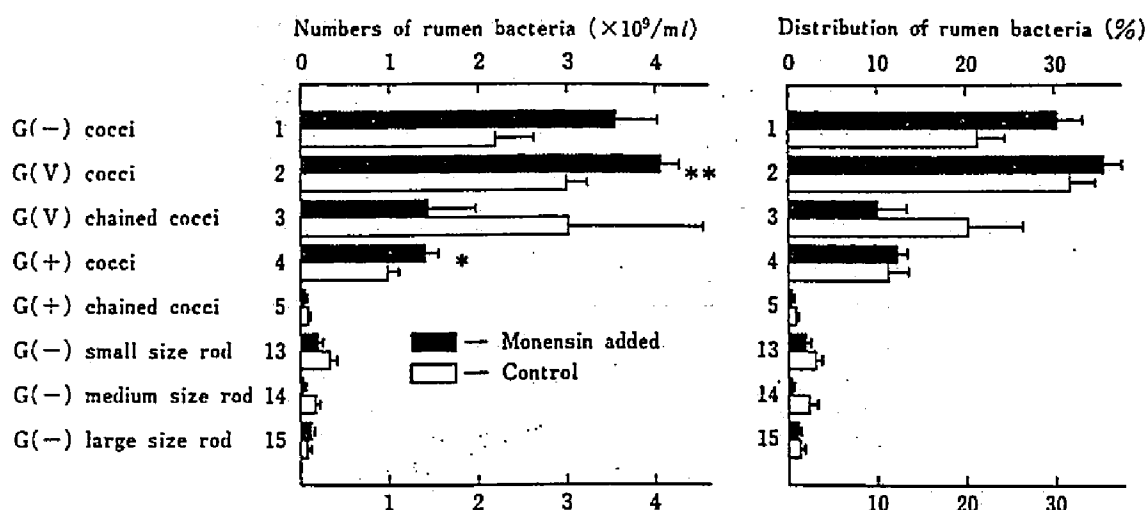


Fig. 25. Numbers and distribution of rumen bacteria in sheep. Data represent means of values measured on 14th, 17th and 21st day of trial. Lateral lines indicate S. E. (n=12). *, P<0.05. **, P<0.01.

次に細菌では、球菌が大部分を構成していたが、モネンシン添加により、グラム陰性、グラム不定、グラム陽性の球菌の総菌数に対する比率が増加する傾向を示し、グラム不定、グラム陽性の連鎖球菌が減少する傾向を示した。また、グラム陰性の小型、中型、大型桿菌の総菌数に対する比率は、いずれも減少

する傾向を示した。

次に、試験開始後14から21日目までの各測定値の平均値を第11表に示した。

Table 11. Effects of monensin on various rumen traits and water intake of sheep

	Monensin added	Control
IVI (%)	33.1	54.1***
Stable IVI (%)	14.8	21.5
Gas production (ml/100 ml rumen fluid)	95.3	128.3**
pH	5.95	5.73*
Viscosity (cSt)	3.49	1.53*
Soluble carbohydrate (μ g glucose/ml)	72.3	36.5*
Total count of rumen protozoa ($\times 10^4$ /ml)	71.5	125.7*
Total count of rumen bacteria ($\times 10^8$ /ml)	118.0	106.4
Water intake (l) during 2 hr. after morning feeding	1.69	2.15*
per day	4.17	5.81***

Data represent means of values measured three times between 14th and 21st day of trial, except water intake per day, which was measured daily during the same period. *: $P < 0.05$. **: $P < 0.01$. ***: $P < 0.001$.

無添加区の数値に比べて、添加区ではIVI値が小さく($P < 0.001$)、ガス産生量も少なかった($P < 0.01$)。さらに、Stable IVI値も小さくなる傾向を示した。また、pH、粘度、可溶性炭水化物含量は、いずれも高い値を示した($P < 0.05$)。総繊維毛虫数は、添加区の方が少なかった($P < 0.05$)。総菌数では、両区間に有意な差はみられなかった。また、飲水量はいずれの時間帯でも添加区の方が少なかった($P < 0.05$ 、 $P < 0.001$)。

第4節 考 察

モネンシンの鼓脹症抑制効果について、Sakauchi and Hoshino²⁹⁾は、モネンシン投与時に肥育牛の鼓脹症の発生が抑えられ、同時に第一胃内容液の粘度の低下がみられたと報告している。本試験では、モネンシン添加により、一時的であれ、IVI、ガス産生量は減少し、Stable IVI も減少する傾向を示した。IVI、Stable IVI、また、それらの容積増加の直接原因となるガス産生量は、鼓脹症の重要な指標となるが、第2編第5章で考察したように、鼓脹症指数と最も関連が深いものはStable IVI であると考えられる。したがって、本試験の結果からもモネンシンの鼓脹症抑制効果が示唆されるが、はっきりと断定できるほどのものではない。

前述の Sakauchi and Hoshino の報告²⁹⁾と鼓脹症抑制効果に差がみられた原因として考えられることは、まず第一に供試動物の種類の違い、第二に試験動物に対する給餌内容の違い、第三に第一胃内容液の粘度の測定方法の違いである。第一の相違点について、一般に牛に比べてめん羊の方が鼓脹症にかかりにくいとされている。第二点について、Sakauchi and Hoshino²⁹⁾の場合は稲ワラをかなり与えていたが、本試験では鼓脹症誘起飼料のみを給与していた。次に、第三点目の第一胃内容液の粘度についてみると、前章では通常の肉牛用配合飼料を給与しためん羊にモネンシンを投与すると、粘度が低くなる傾向を示しており、Sakauchi and Hoshino の報告²⁹⁾でもモネンシン添加による粘度の低下が示されているのに対し、本試験ではこれらの結果と逆に、モネンシン添加によつて粘度が高くなつてゐる。前章ではモネ

ンシン添加により飲水量に影響がみられなかったが、本試験では添加区において飲水量が減少し、同時に可溶性炭水化物含量は多くなっている（第11表）。このように、第一胃内容液の水分が減り、固形分が増えたために粘度が高くなったのではないかと考えられる。Sakauchi and Hoshino²⁹⁾の場合は、粘度の測定に際し、供試牛から採取した第一胃内容液を二重ガーゼでろ過した後、回転粘度計を用いて測定しているが、本試験では、供試動物にめん羊を用いており、第一胃内容液を1頭から多量に採取できないために、Meyer and Bartleyの方法⁵⁾に準じて、少量のサンプルで粘度測定が行えるオストワルド動粘度計を用いた。すなわち、採取した第一胃内容液を15,000 xGで遠沈し、その上澄液を用いて粘度測定を行った。したがって、本試験での粘度の値は、纖毛虫および細菌の大部分を取り除いた第一胃内容液の粘度といえる。ところで、鼓脹症発症牛では、細菌の分解により、炭水化物、蛋白質等の細胞内物質が、第一胃内容液中に放出され、これらの物質によって、生き残った他の細菌が莢膜化されること、Streptococcus bovis、Peptostreptococcus elsdeniiでみられており、さらに、これらの莢膜物質が、第一胃内容液の粘度を高め、ガスの放出を妨げ、鼓脹症発症の原因になるのではないかの説^{5,33,34)}がある。Chengら³⁵⁾は合成培地でS. bovisを培養し、培地の蔗糖含量が増すに伴って、細胞周囲への多糖類の放出により、培地の粘度が高くなったと報告している。このように、鼓脹症を論ずる上で問題となる第一胃内容液の粘稠物質が、細菌由来のものであり、細菌の周囲に存在するとすれば、その粘稠物質が、遠心分離の際に、細菌と共に沈殿部分と

して分離されてしまうと考えられ、粘度測定の方法としては、Sakauchi and Hoshino²⁹⁾のように、細菌および繊毛虫が混在している状態で測定する方が、より望ましいと思われる。したがって、モネンシン添加が第一胃内容液の粘度に及ぼす影響については、Sakauchi and Hoshino²⁹⁾の結果を重視すべきかもしれない。

総繊毛虫数に対するモネンシンの影響をみると、無添加区 $125.7 \times 10^4/\text{ml}$ に対し、添加区 $71.5 \times 10^4/\text{ml}$ と少なくなっている。モネンシン添加により総繊毛虫数が減少するというこの傾向は、Sakauchi and Hoshino²⁹⁾、Poos ら³⁶⁾の報告と一致した。日野³⁷⁾は、繊毛虫に対するモネンシンの毒性効果を、24時間の培養実験で調べており、Entodinium 属は $4 \mu\text{g}/\text{ml}$ 程度、また、Diplodinium 属、Ophryoscolex 属および全毛類は $8 \mu\text{g}/\text{ml}$ 程度の濃度で、明らかに生存を阻害することを認めている。本試験でも、モネンシン添加によつて、Dasytricha 属、Diplodinium 属の Eudiplodinium の数が減少し、Entodinium 属の減少傾向がみられた。特に、Ophryoscolex 属は、第一胃内容液 1ml 中の数、および総繊毛虫に対する比率の双方とも、モネンシン添加により減少した。

Kodras³⁸⁾ は、フィードロット鼓脹症牛で、Ophryoscolex 属の繊毛虫が大量の気泡を排出していたことを報告しており、このガスが、鼓脹症の原因になっていると推察している。本試験では、モネンシン添加区で Ophryoscolex 属の繊毛虫が明らかに減少し、また同時に、ガス産生量も減っており、この点からもモネンシンの鼓脹症抑制効果が示唆される。

総細菌数は、モネンシン添加により、統計的に有意な変化が見られなかったが、個別にみると、No. 1、2、4 の比率が増加す

る傾向を示した。また、総細菌数に占める割合は少ないが、No. 5のグラム陽性連鎖球菌の比率が、モネンシン添加により減少する傾向を示した。従来から、鼓脹症と Streptococcus bovis との関連性が示唆されているが、Mishra³⁹⁾ は、S. bovis が非鼓脹症牛より鼓脹症牛で多くみられることから、鼓脹症と関連が深いことを示唆している。また、唾液ムチンは、第一胃内で発生した泡沫を壊し、ガスの放出を助ける働きを持つことが知られているが^{40,41)}、Mishraら⁴²⁾ は、ムチン溶解活性の高い細菌の一つとして、S. bovis をあげている。したがって、モネンシン添加により、S. bovis の含まれる No. 5の菌群が必ずかではあるが減少する傾向を示したことは興味深い。Chen and Wolin⁴³⁾ は、第一胃内容液を含む混合培地に、培地 1ml あたり 2.5 μ g のモネンシンを添加すると、Ruminococcus albus、Ruminococcus flavefaciens、Butyrivibrio fibrisolvens の成長が抑制され、Bacteroides succinogens、Bacteroides ruminicola の成長が遅れたが、Selenomonas ruminantium は、培地 1ml あたりモネンシンを 40 μ g 添加しても影響を受けなかったと報告しており、さらに、これらの結果から、モネンシンは第一胃内でこはく酸塩を形成する Bacteroides と、こはく酸塩を脱カルボキシルしてプロピオン酸塩にする S. ruminantium を選択する作用をし、この選択は第一胃内でのプロピオン酸形成を増加させ得ること、また、R. albus、R. flavefacience、B. fibrisolvens といった、 H_2 と蟻酸塩を生産する菌種に対する選択は、第一胃内でのメタン生産を抑制し得ることを示唆している。本試験では、モネンシン添加により、No. 13、14のグラム陰性桿菌の総細菌数に対する比率が減少する傾向を示

したが、上記の Bacteroides succinogens はこの No. 13、14 に含まれ、Chen and Wolin⁴³⁾の結果と同様の傾向を示した。しかし、R. albus は No. 2 に、R. flavefaciens は No. 4 に含まれ、これらの菌群は、いずれもモネンシン添加によって増加しており、Chen and Wolin⁴³⁾の結果と逆の傾向を示した。

第2編第5章において、IVI、Stable IVI といった第一胃内容液の容積増加能に関する性状と鼓脹症との関連性について述べたが、本試験において、これらのモネンシン添加によって減少するという傾向から、モネンシンは鼓脹症抑制効果を持つことが示唆されるが、IVI、Stable IVI の経日変化からみて、鼓脹症誘起飼料給与という飼養条件下のめん羊の場合には、モネンシンが鼓脹症抑制効果を明らかに示すのは、添加後3~4週間までではないかと考えられた。本試験で、モネンシンの鼓脹症抑制効果が一時的であった点については、モネンシンに対する繊毛虫および細菌の耐性の変化が起こった可能性も考えられるが、この点は、今後さらに検討する必要がある。

第5節 摘要

モネンシンの鼓脹症抑制効果とその機構について、めん羊の第一胃内容液の性状の面から検討した。めん羊8頭を2区（モネンシン添加区、無添加区）に分けて供試し、基礎飼料には鼓脹症誘起飼料を用いた。モネンシンは基礎飼料に20ppm添加した。朝の給餌後2時間目に第一胃フィステルより内容液を採取し、その性状を調べた。モネンシン添加により、IVIは小さくなり ($P<0.001$)、Stable IVI も小さくなる傾向を示した。さら

に、第一胃内容液採取後2時間のガス産生量も少なくなった($P<0.01$)。これらの結果から、モネンシンの鼓脹症抑制効果が示唆された。また、 pH は高くなり($P<0.05$)、cell-freeの状態での粘度も高くなり($P<0.05$)、飲水量は減少した($P<0.05$)。さらに、モネンシン添加区では、第一胃内容液1ml中の総繊維虫数が減少し($P<0.05$)、中でも Ophryoscolex 属の減少が目立った($P<0.001$)。また、総菌数はモネンシン添加により影響を受けなかったが、グラム陰性、グラム不定、グラム陽性の球菌の総菌数に占める比率が増加する傾向を示し、グラム不定、グラム陽性の連鎖球菌、およびグラム陰性の桿菌の比率は、いずれも減少する傾向を示した。

第3章 鼓脹症誘起飼料を給与した場合の第一胃 内容液性状に及ぼすモネンシンの影響 II. ばん砕大麦を主原料とした鼓脹症誘 起飼料の場合

第1節 緒言

前章では、圧パン大麦を主原料とした鼓脹症誘起飼料を用いて、モネンシンの鼓脹症抑制効果とその機構について検討したが、本章では、さらに鼓脹症を発症しやすくするために、前章で用いた圧パン大麦より粒度の小さい、ばん砕大麦を主とした飼料をめん羊に給与し、モネンシン投与時の第一胃内容液性状の変化の様相から、モネンシンの鼓脹症抑制効果とその機構についてさらに検討を加えた。

第2節 材料および方法

供試動物には、第一胃フィステルを装着したサフォーク種雌めん羊6頭を用いた。基礎飼料には、ばん砕大麦を主とした鼓脹症誘起飼料を用いた。通常の配合飼料とヘイキューブで飼養していためん羊を、1週間かけて漸次鼓脹症誘起飼料のみの飼養に切換え、その後、モネンシン無添加I期（以下、無添加I期と略す）、モネンシン添加期（以下、添加期と略す）、モネンシン無添加II期（以下、無添加II期と略す）をそれぞれ2週間ずつ設けた。飼料給与量は、1日あたり体重の2.5%量（風乾物）とし、8:30と17:00に等分給与した。飲水は常時与え

た。添加期には、モネンシンを基礎飼料に 20 ppm 添加した。第一胃内容液の採取は、各期それぞれ 3、7、10、14 日目には、朝の給餌後 2 時間目に行った。第一胃内容液採取後、直ちに pH 試験紙で pH の測定を行った。次に、IVI および Stable IVI の測定を Jacobson らの方法²⁴⁾で行った。ガス産生量、粘度、纖毛虫数、細菌数はいずれも前章と同様の方法で測定した。

第3節 結果

第一胃内容液の IVI、Stable IVI および第一胃内容液採取後 2 時間のガス産生量の経日変化を第 26 図に示した。

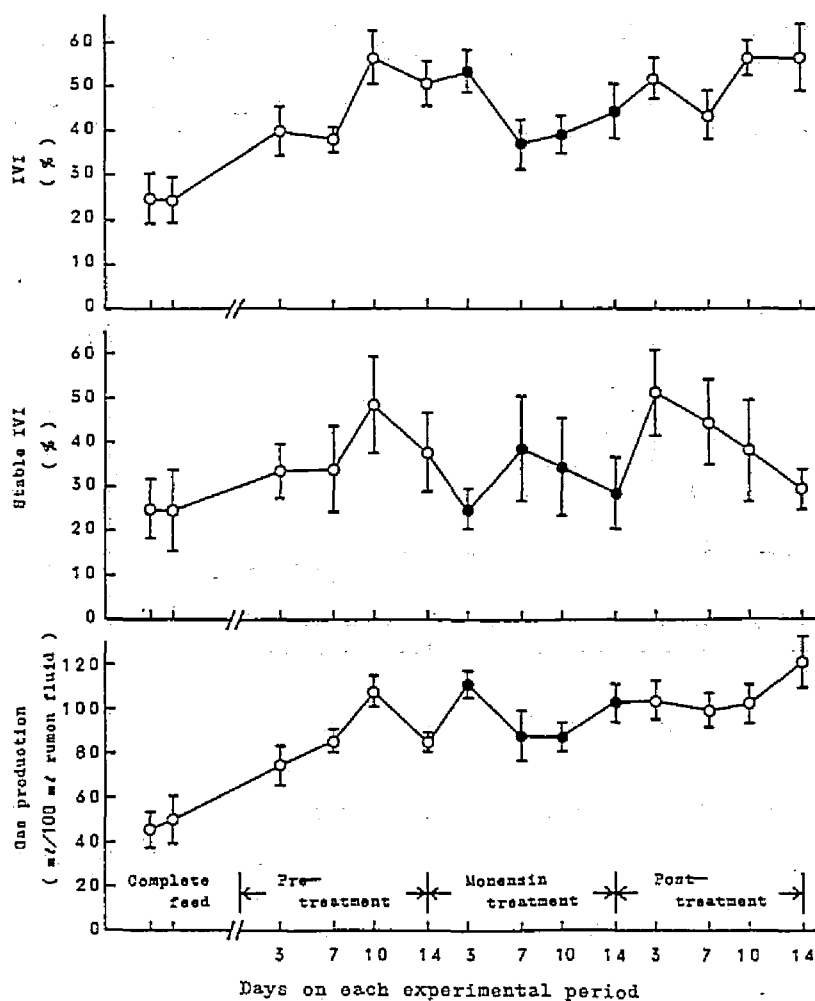


Fig. 26. Changes of ingesta volume increase (IVI), stable IVI and gas production during 2 hr. after collection of rumen fluid in sheep. Vertical lines indicate S. E. (n=6).

第一胃内容液のIVIの値は、鼓脹症誘起飼料に切替えた後、無添加Ⅰ期では徐々に大きくなったが、基礎飼料にモネンシンを添加すると小さくなり、モネンシンの添加を中止した無添加Ⅱ期では、再び大きくなった。

Stable IVIの値も、モネンシン添加によって小さくなり、無添加Ⅱ期には再び大きくなった。

2時間の静置培養中のガス産生量は、鼓脹症誘起飼料に切替えた後、無添加Ⅰ期では徐々に増加する傾向を示したが、添加期ではその増加傾向が一時抑えられ、モネンシン添加を中止した無添加Ⅱ期では再び増加する傾向を示した。

次に、遠心分離により繊維毛虫および細菌の大部分を取り除いた状態で測定した第一胃内容液の粘度の経日変化を、第27図に示した。

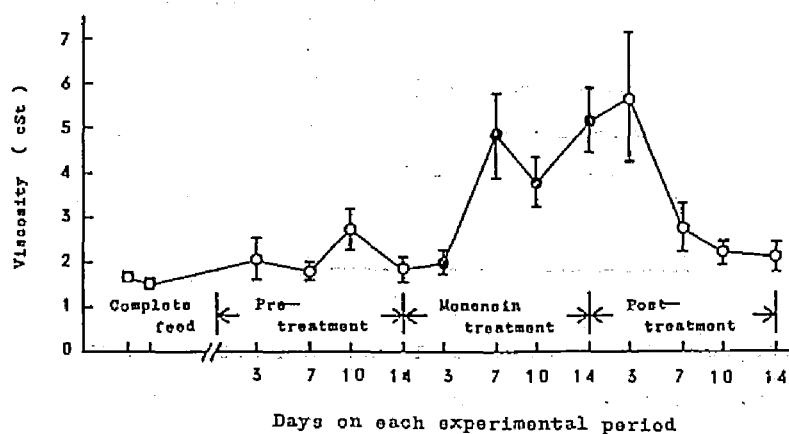


Fig. 27. Changes of viscosity in cell-free rumen fluid in sheep.

Vertical lines indicate S. E. (n=6).

粘度は、IVI、Stable IVI、ガス産生量の経日変化とは逆に、添加期の7日目以降は大きい値を示し、モネンシン添加により

大きくなる傾向を示した、無添加Ⅱ期の3日目には、まだその影響が残り、大きい値を示したが、7日目以降は無添加Ⅰ期の水準まで低下した。

次に、各期それぞれ10日目、14日目の第一胃内容液中の繊毛虫と細菌の種属構成を、総数に対する比率でそれぞれ第28図と第29図に示した。

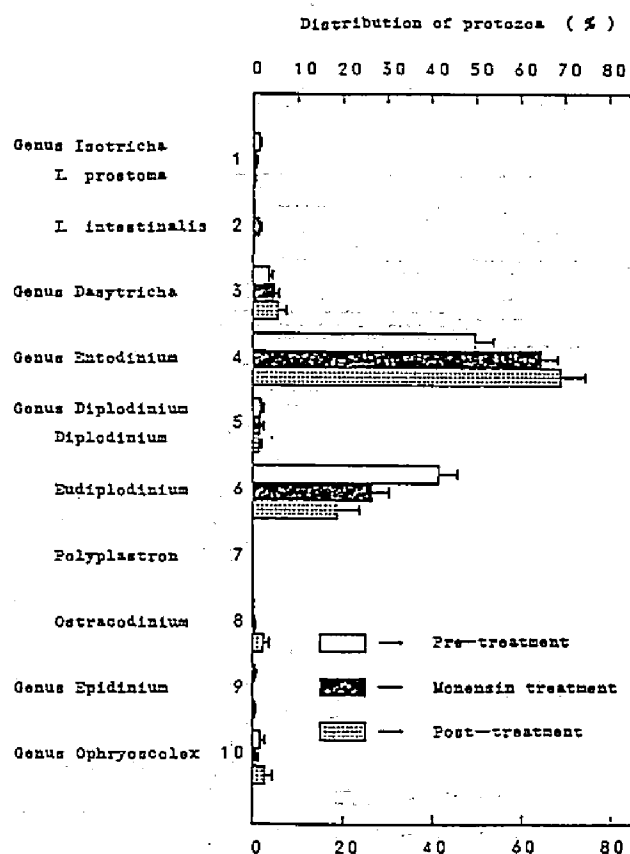


Fig. 28. Distribution of rumen protozoa in sheep.
Data represent means of values measured on the 10th and 14th day of each experimental period.
Lateral lines indicate S. E. (n=12).

繊毛虫は、いずれの期でも Entodinium 属および Diplodinium 属の Eudiplodinium が大部分であったが、添加期で、Entodinium の比率の増加と Eudiplodinium の比率の減少傾向がみられ、モネン

シンの添加を中止してもこの傾向は継続した。また、総数に対する構成比率はわずかにあるが、Ophryoscolex 属が添加期で少なくなる傾向を示した。

細菌では、モネンシン添加期にグラム陰性の球菌、わん曲菌、小型ラセン菌、中型桿菌、およびグラム陽性の桿菌の総数に対する比率が増加し、グラム不定およびグラム陽性の連鎖球菌の比率が減少する傾向を示した。

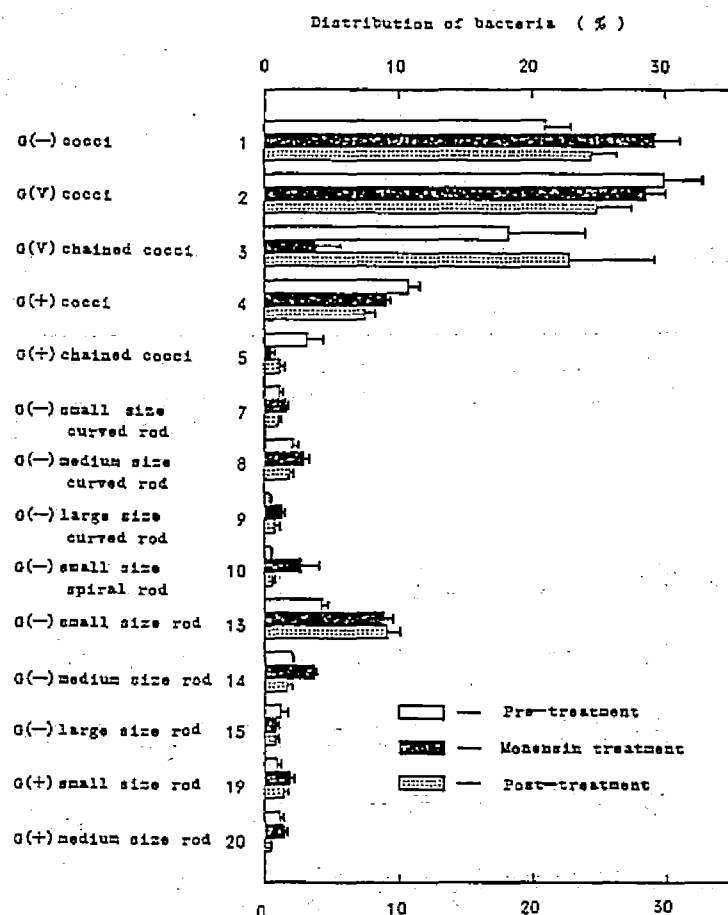


Fig. 29. Distribution of rumen bacteria in sheep.

Data represent means of values measured on the 10th and 14th day of each experimental period.

Lateral lines indicate S. E. (n=12).

次に、各期それぞれ10日目、14日目の測定値を平均値 (n=

12) ぞ第12表に示した。

Table 12. Effects of monensin on various rumen traits and water intake of sheep

	Pre-treatment	Monensin treatment	Post-treatment
IVI (%)	53.8 ^a	41.9 ^b	56.8 ^a
Stable IVI (%)	43.0	31.5	33.8
Gas production (ml/100 ml rumen fluid)	96.5	95.0	111.5
pH	5.63	5.81	5.73
Viscosity (cSt)	2.27 ^A	4.47 ^B	2.15 ^A
Total count of rumen protozoa ($\times 10^4$ /ml)	65.4	71.3	108.8
Total count of rumen bacteria ($\times 10^8$ /ml)	95.8	97.2	99.1
Water intake (l)			
during 2hr. after morning feeding	1.60	1.35	1.50
per day	6.26	5.98	4.57

Data represent means of values measured on the 10th and 14th day of each experimental period. Means with different superscript differ significantly: Capital letters, $P < 0.001$ and small letters, $P < 0.05$.

IVI の値は、無添加Ⅰ期の 53.8 %、無添加Ⅱ期の 56.8 % に比べて、添加期では 41.9 % と小さくなり ($P < 0.05$)、Stable IVI も添加期で小さくなる傾向を示した。ガス産生量は、添加期には無添加Ⅰ期とほぼ同等の値を示し、無添加Ⅱ期では大きくなる傾向を示し、粘度は無添加Ⅰ期の 2.27cSt、無添加Ⅱ期の 2.15cSt に比べて、添加期では 4.47cSt と高い値を示した ($P < 0.001$)。総繊維毛虫数、総細菌数は、いずれも各期の数値間に有意な差は認められなかった。また、朝の給餌後 2 時間の飲水量は、添加期で少なくなる傾向を示した。

第4節 考 察

本試験では、モネンシン添加期に IVI の値が小さくなり、Stable IVI およびガス産生量の値も小さくなる傾向を示した。これらの結果から、前章同様、本試験でも、モネンシンに鼓脹症抑制効果のあることが示唆された。

モネンシンが第一胃内でのガス産生に及ぼす影響に関しては、メタン産生を抑制することが *in vitro*⁴⁴⁾ および *in vivo*⁴⁵⁾ の試験で報告されてより、Chen and Wolin⁴³⁾ は、モネンシンがプロピオン酸生成系の菌群には影響を与えずに、酢酸、酪酸、蟻酸、水素を生成する菌群の生育を阻害することを *in vitro* の試験で示し、この結果、第一胃内でのメタン産生が抑えられることを示唆している。さらに、牛田ら⁴⁶⁾ は、*in vivo* - *in vitro* 法で検討し、モネンシン添加飼料給与時には、第一胃内容物の総ガス生成量、炭酸ガス生成量、メタン生成量が、無添加飼料給与時に比べて有意に減少したことを報告している。本試験におけるガス産生量の測定は、第一胃内容物の容積増加の指標にすることを目的として簡便な方法で行ったものであり、ガスの組成については検討していないが、ガス産生量がモネンシン添加により抑制されたことは上記の所見と一致している。

一方、本試験では、添加期に高い粘度が測定された。この結果は、前章での結果と一致するものであったが、Sakauchi and Hoshino の報告²⁹⁾ とは逆の結果であった。この差については前章でも考察したが、鼓脹症牛の第一胃内容物の粘度は莢膜化した細菌の存在と強く関係しているようであり、このことから、鼓脹症と関連して粘度を測定するには、供試液中に細菌の存在

することが重要と考察される。本試験での供試液は、細菌、纖毛虫の大部分を取り除いたものであるが、Sakauchi and Hoshino²⁹⁾のそれは、これら微生物を含んだものであり、両者の差は、この供試液の差によるものと思われる。

纖毛虫についてみると、添加期での Ophryoscolex 属の減少傾向が、前章と同様に本試験でもみられた。Kodras³⁸⁾ は、フィードロット鼓脹症牛において、Ophryoscolex 属の纖毛虫が大量の気泡を排出していたことを報告しており、このガスが鼓脹症の原因になっていると推察している。本試験では、添加期において、この纖毛虫の減少傾向と、ガス産生が抑制される傾向が同時にみられており、この点からもモネンシンの鼓脹症抑制効果が示唆される。

細菌についてみると、本試験でも前章と同様に、添加期において No. 1 (第29図参照) のグラム陰性球菌の総数に対する比率が増加し、No. 3 のグラム不定連鎖球菌および No. 5 のグラム陽性連鎖球菌の比率が減少する傾向を示した。No. 5 の菌群には Streptococcus bovis が含まれるが、従来から鼓脹症と S. bovis との関連性が示唆されている。また、この S. bovis は、第一胃内で発生した泡沫を壊しガスの放出を助ける働きを持つ唾液ムチン^{40,41)} を溶解する活性の高い細菌の一つとしてあげられている⁴²⁾。したがって、モネンシンによって No. 5 の菌群が減少するということは、モネンシンの添加によってムチン溶解活性が弱まり、泡沫状になったガスの放出が容易になる可能性が示唆される。第一胃内細菌のモネンシンに対する感受性については、Chen and Wolin⁴³⁾ が *in vitro* で検討しており、Dennis ら

は、*in vitro* の試験で、モネンシンが Streptococcus、Lactobacillus、Lachnospira、Butyrivibrio、Ruminococcus、Eubacterium といった、大部分の乳酸産生第一胃内細菌の成長を抑制すること⁴⁷⁾、また、乳酸の産生を減らし、乳酸の濃度を低下させ、pH を高くすることから、反すう動物における乳酸アシドーシスの予防に対し、モネンシンを使用する可能性を示唆している⁴⁸⁾。前章でモネンシン添加により pH が有意に高くなったことを報告したが、本試験でも同様に pH が高くなる傾向がみられ、Dennis らの仮説⁴⁸⁾ は支持できるものと思える。しかし、個々の菌群の増減についてみると、本試験で得られた結果は、これらの結果と必ずしも一致するものではなかった。

第5節 摘要

モネンシンの鼓脹症抑制効果を、ばん碎大麦を主とした鼓脹症誘起飼料給与時のめん羊の第一胃内容液性状の面から検討した。めん羊6頭を用い、2週間のモネンシン添加期の前後に無添加期をそれぞれ2週間ずつ設けた。モネンシンは鼓脹症誘起飼料に20 ppm 添加した。各期それぞれ3、7、10、14日目に、朝の給餌後2時間目に第一胃フィステルから第一胃内容液を採取し、その性状を調べた。

その結果、IVI は添加期で小さくなり ($P < 0.05$)、Stable IVI も添加期で小さくなる傾向を示した。ガス産生量は、鼓脹症誘起飼料給与に切換えた後、無添加期でみられた増加傾向が、添加期で一時抑えられる傾向を示した。pH は添加期で高くなる傾向を示し、cell-free の状態での粘度は、添加期で高くなった

第4章 乳化剤タローエステル投与による第一胃 内容液性状の変化と鼓脹症抑制効果

第1節 緒言

泡沫性鼓脹症は、第一胃内で発生したガスが泡沫状となって第一胃内容物中に閉じ込められ、体外に排出されにくくなることが原因である。したがって、泡沫性の鼓脹症を予防あるいは治療するには、第一胃内での泡沫形成を阻止することが有効であると考えられる。従来、泡沫形成抑制物質として、鉱物性、植物性および動物性の油脂や、各種の合成界面活性剤などが使用されてきている^{3,22,49,50,51,52}。

本試験では、牛脂、ショ糖を主成分とした乳化剤タローエステル（以下、TEと略す）を供試し、その泡沫性鼓脹症抑制効果とその機構を、*in vitro* での消泡効果から検討した。

第2節 材料および方法

本試験に用いた TE は、ショ糖と牛脂とを、炭酸カリウムを触媒としてアルコール分解する方法によって調製された、粗製ショ糖牛脂脂肪酸エステルである（組成：ショ糖モノ脂肪酸エステル16%、ショ糖ジ脂肪酸エステル8%、グリセリンモノ脂肪酸エステル10%、グリセリンジ脂肪酸エステル6%、グリセリントリ脂肪酸エステル3%、ショ糖23%、脂肪酸カリウム32%、グリセリン2%）。*in vitro* の培養実験のためには、第一胃フィステルを装着した5頭のサフォーク種雌めん羊から採

取した第一胃内容液を用いた。第一胃内容液は朝の給餌後2時間目に1頭あたり約400mlずつ採取したが、本試験では1試験区につき第一胃内容液を約300mlずつ必要としたため、採取した5頭分の第一胃内容液をよく混合して、各区に分配した。通常の飼料で飼養していためん羊を、鼓脹症誘起飼料のみによる飼養に切換え、第一胃内容液採取は、切換後7日目から開始し、2週間にわたって10回繰返した。飼料は体重の2.5%量(風乾物)を朝夕等分に給与した。試験区は、TE無添加の対照区、TEを供試第一胃内容液に対して0.25%、0.5%、1.0%、2.0%それぞれ添加した区を設けた。また、本試験に用いたTEは、ショ糖、牛脂等からなる粗製の脂肪酸エステルであるが、その原料あるいは類似物質と比較検討するため、さらに、TEの原料であるショ糖を1.0%添加した区、また、市販の純品の牛脂系ショ糖脂肪酸エステル(組成:ショ糖モノ脂肪酸エステル72%、ショ糖ジ脂肪酸エステル25%、ショ糖1%、脂肪酸2%、以下、PSEと略す)を1.0%添加した区を設けた。IVIおよびStable IVIの測定は、Jacobsonの方法²⁴⁾で行い、ガス産生量の測定は50mlの注射筒を用いて39°Cで2時間静置培養して行った(第2編第5章参照)。この時、TE等は、メスシリンダーおよび注射筒内にあらかじめ入れておいた。pHは、IVIの測定に供する前、およびStable IVI測定後の第一胃内容液についてガラス電極pH計で測定した。第一胃内容液の粘度は、一重カーゼをろ過した状態で落球式粘度計を用いて、また、15,000×Gで遠沈した上澄液をオストワルド動粘度計で、それぞれ39°Cの恒温水槽内で測定した。

第3節 結 果

2時間の静置培養におけるガス産生量を第30図に示した。

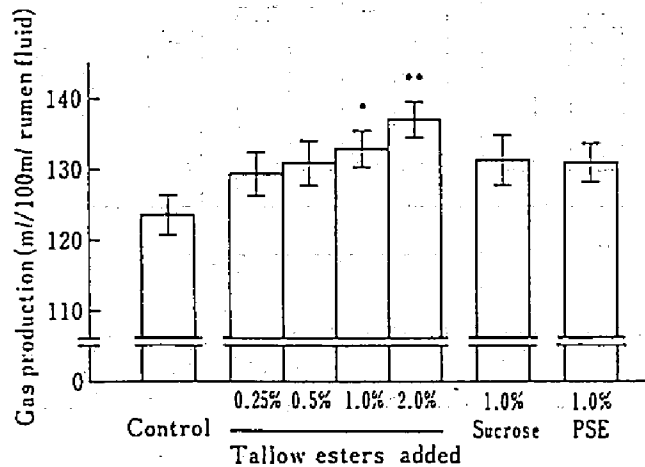


Fig. 30. Gas production of rumen fluid during 2 hr. of cultivation. Vertical lines indicate S. E. ($n=10$). * ($P < 0.05$), ** ($P < 0.01$): Significantly different from control.

ガス産生量は、TE添加区、ショ糖添加区、PSE添加区のいずれも、対照区より多くなる傾向を示した。TE添加区の中では、添加量が多くなるほどガス産生量が多くなる傾向を示し、1.0%、2.0%添加区の値は、対照区より有意に多くなった ($P < 0.05$ 、 $P < 0.01$)。

第31図に、第一胃内容液のIVI値を示した。

TE添加区の値はいずれも対照区の値より大きくなる傾向を示したが、この差は有意なものではなかった。ショ糖添加区のIVI値は、対照区の平均値65.0%に比べて86.2%と大きい値を示した ($P < 0.001$)。

第32図に、第一胃内容液のStable IVIの値を示した。

TE添加区の平均値は18.6%から23.8%の範囲にあり、

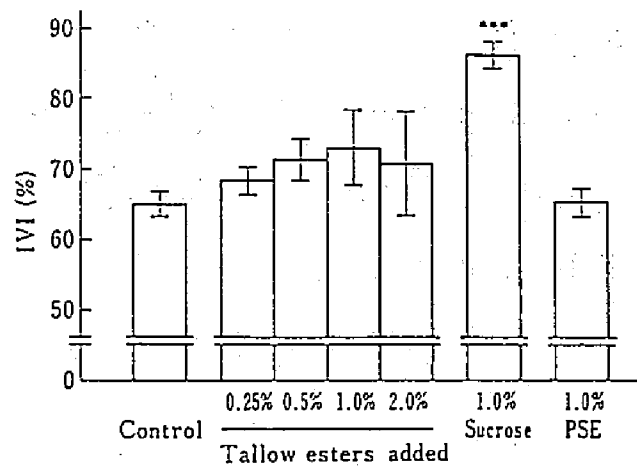


Fig. 31. Ingesta volume increase (IVI) of rumen fluid. Vertical lines indicate S.E. (n=10). ***($P < 0.001$): Significantly different from control.

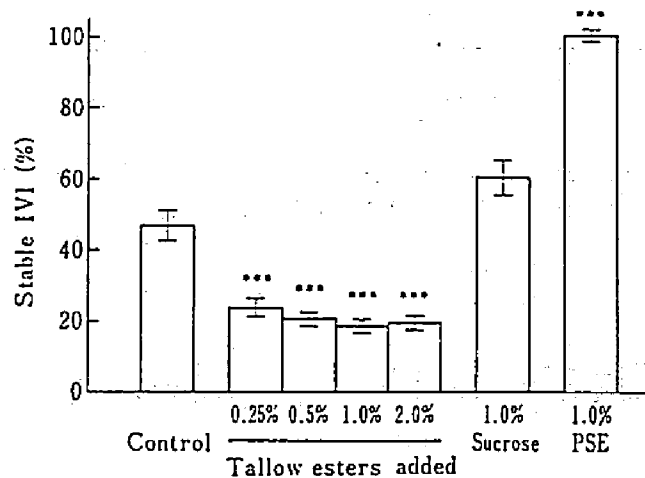


Fig. 32. Stable IVI of rumen fluid. Vertical lines indicate S.E. (n=10). ***($P < 0.001$): Significantly different from control.

対照区の 46.9 % に比べて いずれも小さい値を示した ($P < 0.001$)。しかし、PSE 添加区では逆に、100.5 % と非常に大きい値を示した ($P < 0.001$)。

第33図に、第一胃内容液の pH 値を示した。

IVI 測定に供する前の pH 値 5.79 に比べて、Stable IVI 測

定後の対照区の値は 5.35 と低い値を示した ($P < 0.001$)。TE 添加区の pH 値は、いずれも対照区の pH 値より高くなる傾向を示し、TE の添加量が多くなるにつれて pH 値が高くなる傾向を示した。2.0% 添加区では 5.47 となり、対照区の値との差は有意であった ($P < 0.001$)。ショ糖添加区では 5.23 と逆に対照区より低い値を示した ($P < 0.001$)。

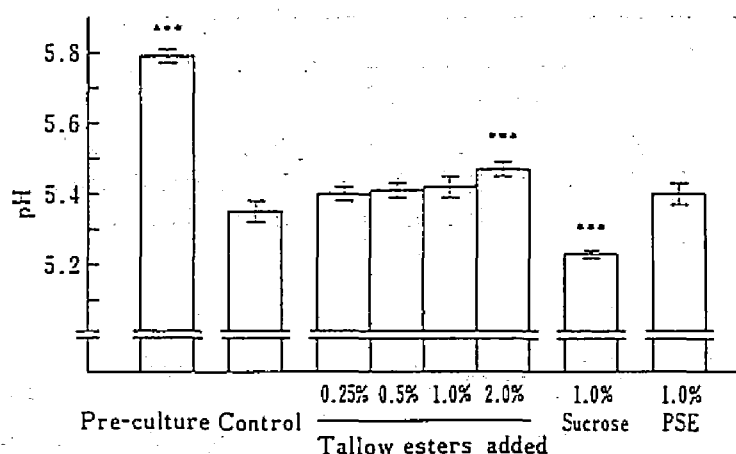


Fig. 33. The pH value of rumen fluid. Vertical lines indicate S.E. ($n=10$). ***($P < 0.001$): Significantly different from control.

次に、第一胃内容液の粘度を第34図、第35図に示した。

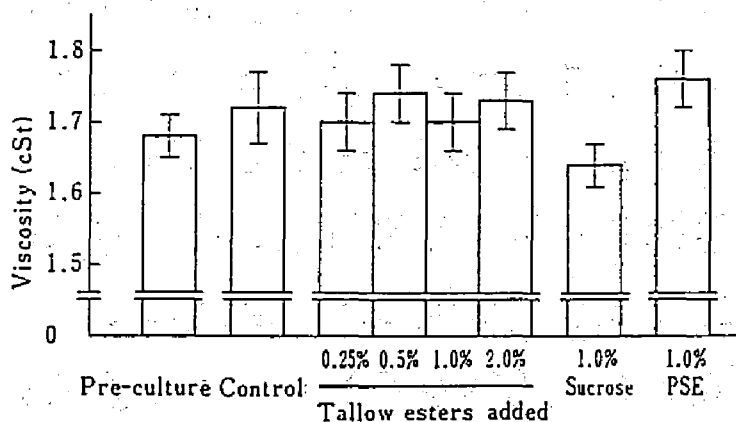


Fig. 34. Viscosity of cell-free rumen fluid. Vertical lines indicate S.E. ($n=10$).

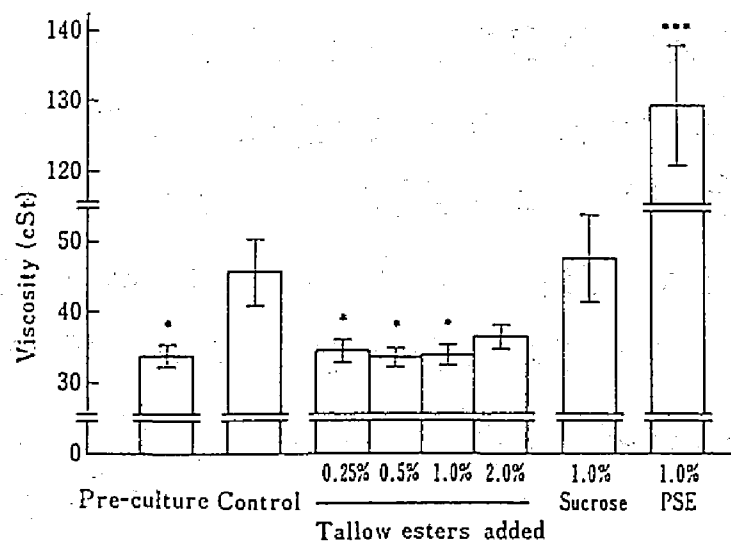


Fig. 35. Viscosity of gauze-filtrated rumen fluid. Vertical lines indicate S.E. (n=10). *(P<.05), *** (P<.001): Significantly different from control.

第34図は、遠心分離によって大部分の第一胃内微生物を取り除いた状態で測定した粘度であり、第35図は、ガーゼろ過によって飼料片等を取り除き、第一胃内微生物は含んだ状態で測定した粘度である。第34図に示したように、上澄液を用いて測定した粘度では、対照区の値と他の区の値の間にいずれも有意な差が認められなかった。しかし、第35図に示したように、飼料片を取り除いただけで測定した粘度では、対照区の値が、培養前の33.8 cStから2時間の培養後には45.6 cStと高くなったが、TE添加区では、0.5%区の33.6 cStから2.0%区の36.6 cStと、いずれも培養前の値とほぼ同じレベルを維持しており、対照区の平均値と、0.25%区、0.5%区、1.0%区のそれぞれの平均値との差は有意であった ($P<0.05$)。ショ糖添加区の値は対照区の値とほぼ同じであったが、PSE添加区では129.8 cStと非常に大きい値を示した。

第4節 考 察

第一胃内に発生したガスは、第一胃内容液に溶解した部分と遊離ガスの部分からなり、遊離ガスは正常時には嗝気として経口的に排出される。しかし、この遊離ガスが泡沫状となって第一胃内容物中に取り込まれてしまうと、嗝気による排出が困難となり、第一胃内圧が増加し、鼓脹症の状態となる。したがって、安定した泡沫の形成は、肉牛に発症する泡沫性鼓脹症の最も重要な原因である^{3,5)}。

本試験では、Stable IVI の値が TE 添加により明らかに小さくなった (第32図)。この Stable IVI の値は、第一胃運動を想定して外部から力を加え、排除可能なガスを放出したあとに残る安定した泡沫による増加量を示すものである。したがって、本試験で TE 添加によって Stable IVI の値が小さくなったことから、TE が、これに比べ強固な泡沫の形成を阻止する働きをすると考えられ、このことから TE が泡沫性鼓脹症抑制効果を示すことが期待される。

ショ糖添加区では、IVI 値が著しく増加し (第31図)、pH 値の低下 (第33図) から発酵が急速に起こったものと考えられたが、Stable IVI 値では対照区の数値と差がみられず (第32図)、IVI 測定という静置培養条件では、対照区に比べて発生したガスが排出されにくい、泡沫の安定度は対照区と差がないことが示された。

PSE 添加区では、2時間の培養中に発生した泡沫は非常に細かく、強固なものであった。ガス産生量は第一胃内容液 100ml あたり 131ml を示し、TE 添加区と差がみられなかった (第30

図) が、Stable IVI の値をみると、TE 添加区では個々の泡沫が大きく、こわれやすいものであったため 20% 前後となったのに対し、PSE 添加区では発生した泡沫がほとんどこわれずに残ったため、ガス産生量の数値に近い 100.5% であった(第32図)。このことから、第一胃内容液の泡沫安定度を低下させるには、PSE (ショ糖脂肪酸エステルを97%含有) 単独では効果がなく、むしろ泡沫安定度が増すため、鼓脹症の危険性が非常に高いことがわかり、TE に消泡効果が認められたのは、このショ糖脂肪酸エステルに加えて、他の TE の組成物質、特に32%もの比率を占める脂肪酸カリウムが共に存在することによるのではないかと考えられる。

また、TE の添加量が多くなるにつれてガス産生量は増加した(第30図) が、ガス産生量の増減と同じ傾向を示すものと思われた IVI の値は、TE の添加量が多くなるにつれて変動幅が大きくなり、2.0% 添加区では 0.5% 添加区より少なくなる傾向を示した(第31図)。このことは、単に1時間培養中の第一胃内容液の増加量を示す IVI の測定という静置した状態でも、TE 添加によって発生したガスが外部に排出されやすくなっていることを示唆している。pH 値は、2時間の培養の間に供試第一胃内容液の VFA 発酵により低下したが、TE 添加区ではいずれも対照区より低下の程度が小さくなる傾向を示した(第33図)。ショ糖ラウリン酸エステルが大腸菌の生育を阻害するという報告⁵⁴⁾があるが、ショ糖脂肪酸エステルを主要な組成物質とする TE の添加が、第一胃内における細菌の活性を低下させるのではないかと考えられる。

本試験では、第一胃内容液の粘度を、第一胃内の微生物を含んだ状態、含まない状態の2通りの方法で検討したが、微生物を含んだ状態で測定した粘度のグラフ（第35図）は Stable IVI のグラフ（第32図）とほぼ同様の形となり、TE 添加区で小さい値を示した。したがって粘度の面からも、TE が泡沫性鼓脹症を抑制する効果を持つことが期待できる。

ところで、粘度の測定方法はいくつか考えられ^{5,7,29)}、どのような前処理を施した第一胃内容液を用いるかが問題となる。第3編第2章でも考察したが、本試験で、ガーゼろ過処理のみで測定した粘度が Stable IVI と同じ傾向を示したことからみても、鼓脹症との関連で第一胃内容液の粘度を測定する場合は、細菌の莢膜物質を取り除かない状態、つまり、細菌を含んだ状態で測定する必要があると思われる。

従来、鼓脹症を予防あるいは治療する手段として、各種の油脂が用いられているが、動物性の油脂に関しては、牧野における鼓脹症において、Johnson ら²²⁾ および Van Horn ら⁵²⁾ は豚脂添加による治療効果を認めており、Brown ら⁴⁹⁾ は、水に分散可能な豚脂を飲水に添加すると著しく鼓脹症を軽減したと報告している。しかし、Elam and Davis⁵⁰⁾ は、動物性油脂を飼料にまぜて投与しても、第一胃内微生物によって代謝されるために効果がないと報告している。本試験では、*in vitro* での消泡効果から、動物性油脂を主成分とした TE が鼓脹症抑制効果を持つことが示唆されたが、上述のように種々の報告があることから、動物に対する投与条件によって効果の程度が異なることは十分予想される。

第5節 摘要

泡沫性鼓脹症を抑制する方法を検討する一端として、タローエステル (TE) の泡沫性鼓脹症抑制効果を *in vitro* での消泡効果から検討した。本試験に用いた TE は、ショ糖と牛脂とを、炭酸カリウムを触媒としてアルコール分解する方法によって調製された、粗製ショ糖牛脂脂肪酸エステルである。鼓脹症誘起飼料を給与しためん羊の第一胃内容液を *in vitro* 培養の供試材料とし、TE を供試胃液に 0.25%、0.5%、1.0%、2.0% それぞれ添加した区と無添加の対照区を設けた。

その結果、TE 添加により、2 時間の培養における第一胃内容液のガス産生量が増加し、それに伴って、IVI が大きくなる傾向を示した。しかし、第一胃内容液の泡沫安定度の指標となる Stable IVI の値は、TE 添加により小さくなった ($P < 0.001$)。第一胃内容液の pH 値は TE 添加により高くなる傾向を示し、TE の添加量が多くなるにつれて高くなる傾向を示した。第一胃内微生物を含まない状態での粘度は TE 添加の影響を受けなかったが、微生物を含んだ第一胃内容液の粘度は、Stable IVI と同じように TE 添加により低くなった。以上のように、TE は Stable IVI の値を小さくすることから、安定した泡沫の形成を抑制する効果が期待でき、鼓脹症抑制効果のあることが示唆された。

第4編 総括と結論

肥育牛において鼓脹症罹患率は約1%とみられており、鼓脹症による損失は非常に大きく、肥育経済の上で重要な問題である。本研究では、わが国でもひろくみられるようになった肥育牛におけるフィードロット鼓脹症の発生と飼料要因との関係、ならびに鼓脹症発生時における第一胃内性状の変化について検討した。さらに鼓脹症抑制効果が期待できる薬剤を用いて、第一胃内容液性状の面から、その効果と作用機構について栄養生理学的な検討を行った。

本研究で得られた結果は以下のとおりである。

I 鼓脹症発症時における第一胃内性状

- (1) 8種類の肥育方式における肥育牛の第一胃内容液の粘度とpHについて調査したところ、モミガラのみを粗飼料とするような濃厚飼料多給時に粘度が高く、また同じトウモロコシでもその処理形態の違いにより粘度の値に差があることを認めた。
- (2) めん羊を用いて、飲水量と第一胃内容液の粘度との関係を調べたところ、第一胃内容液の粘度は、飼料摂取後の飲水によって一時的に低下することが示された。
- (3) めん羊を用いて、給与トウモロコシの形状の違いにともなう、第一胃内性状の変化について検討した。その結果、粗砕トウモロコシ区は、第一胃内容液の粘度およびpHの値が、圧ペントウモロコシ区および粉碎トウモロコシ区と比較して緩慢な

経時的变化を示し、粗碎トウモロコシは、圧ペンおよび粉碎トウモロコシより第一胃内における分解速度が遅く、第一胃内滞留時間がより長いと考えられた。

(4) イネ科乾草のみによる飼養から、鼓脹症誘起飼料（大麦61%、アルファルファミール22%、大豆粕16%、食塩1%）に給与飼料を切換えた場合のめん羊の第一胃内性状の変化を調べた。第一胃フィステルを装着しためん羊を供試し、午前の給餌直前と給餌後2時間目に第一胃内容液を採取し、pH、粘度、可溶性炭水化物含量、原虫数について調べた。その結果、乾草から鼓脹症誘起飼料へ飼料の切換が進むにつれて、pHは低下し、粘度、可溶性炭水化物含量、Entodiniomorphs数が増加し、各測定項目の測定値に個体差が大きくなった。各測定項目間の相関を調べたところ、給餌後2時間目において、pHと、Entodiniomorphs数、可溶性炭水化物含量および粘度の間にはいずれも有意な負の相関がみられ、粘度と可溶性炭水化物含量の間には正の相関（ $P<0.001$ ）がみられた。

(5) めん羊を用いて、鼓脹症誘起飼料給与時の鼓脹症指数および第一胃内圧の経時変化について検討した。鼓脹症指数、第一胃内圧の双方とも、朝の給餌後漸増し、給餌後3時間目に最高値を示し、その後漸減するという同じような経過を示した。

(6) 第一胃フィステル装着めん羊を供試し、鼓脹症指数と第一胃内性状との関連性について検討した。乾草から、通常の肉牛用配合飼料、鼓脹症誘起飼料と給与飼料を切換え、それぞれ4の時期に、鼓脹症指数、第一胃内圧、第一胃内容液性状について測定を繰返した。その結果、鼓脹症指数と第一胃内圧との間に

高い正の相関 ($P < 0.001$) が認められ、鼓脹症指数と、IVI 値、Stable IVI 値、粘度 (含、第一胃内微生物)、粘度 (除、第一胃内微生物) との間には、それぞれ正の相関が認められた。

II 鼓脹症抑制剤投与による第一胃内性状の変化

(1) 抗生物質モネンシンの鼓脹症抑制効果とその機構について検討するため、モネンシン投与時のめん羊の第一胃内容液性状および採食・反すう行動について検討した。モネンシン添加により、Stable IVI 値は低下し ($P < 0.01$)、IVI 値と粘度の値も低下する傾向を示した。また、モネンシン投与時には採食時間が短くなり、採食に費やす時間帯が分散し、反すう時間が長くなる傾向がみられた。

(2) モネンシン投与がめん羊の第一胃内容液性状に及ぼす影響について、圧ぺんあるいはばん砕大麦を主とした鼓脹症誘起飼料を給与し、モネンシンを飼料に 20 ppm 添加して検討した。その結果、IVI の値と、第一胃内容液採取後 2 時間の静置培養におけるガス産生量が小さくなり、Stable IVI の値も小さくなる傾向を示した。このことからモネンシンの鼓脹症抑制効果が示唆された。また、モネンシン投与により、pH は高くなり、粘度 (除、第一胃内微生物) も高くなり、飲水量は減少した。粘度の上昇から、粘度の測定方法について検討の必要性が示された。さらに、第一胃内容液 1ml 中の総繊毛虫数が減少し、中でも *Ophryoscolex* 属の減少が目立った。また、総細菌数に対するグラム不定、グラム陽性の連鎖球菌の比率が減少する傾向を示した。

(3) 乳化剤タローエステル(TE)の泡沫性鼓脹症抑制効果とその機構を、*in vitro* での消泡効果から検討した。供試したTEは、ショ糖と牛脂から調製された粗製ショ糖牛脂脂肪酸エステルである。TE添加により、2時間の培養における第一胃内容液のガス産生量が増加し、それに伴ってIVIの値が大きくなる傾向を示した。しかし、第一胃内容液の泡沫安定度の指標となるStable IVIの値は、TE添加により小さくなった。また、pHは高くなる傾向を示し、粘度(含、第一胃内微生物)はStable IVIと同じようにTE添加により低くなった。TEは、Stable IVIの値を小さくすることから、安定した泡沫の形成を抑制する効果が期待でき、鼓脹症抑制効果のあることが示唆された。

III 結 論

鼓脹症を診断する場合、左脇腹の触診、視診によって鼓脹症指数で表わすことが一般的である。しかし、鼓脹症を鼓脹症指数でとらえるだけでなく、鼓脹症発症時に第一胃内がどのような性状を示しているのかを知ることは、鼓脹症を予防あるいは治療する上で重要な課題である。

本研究の結果、鼓脹症指数は第一胃内圧をよく反映したものであること、さらに、第一胃内容液の泡沫の安定度を示すStable IVIの値と、第一胃内容液の粘度は、いずれも鼓脹症指数と相関が高く、これらの数値によって鼓脹症の程度が推定し得ることが示された。ただ、第一胃内容液の粘度を測定する場合には、第一胃内微生物を含んだ状態の内容液を用いた方が適切であると考えられた。また、IVI、Stable IVI、ガス産生量といった、

第一胃内容液の容積増加能に関する性状のうち、鼓脹症指数との関連が最も深いのは、Stable IVI であることが示された。

本研究では、抗生物質モネンシンと、乳化剤タローエステルを供試し、これらの鼓脹症抑制効果とその機構について検討したが、これらを投与した場合、いずれも上記の第一胃内容液性状のうち Stable IVI の値が低下し、鼓脹症抑制効果を有することが示唆された。しかし、これらの作用機構は異なっており、モネンシンの場合は、第一胃内微生物相に対する影響が反映して、ガス産生量が減り、そのために必然的に IVI 値が減少し、さらに Stable IVI 値も低下したのに対し、タローエステルの場合は、その添加によって、むしろガス産生量は増加したが、粘度が低下し、泡沫がこわれやすくなったために Stable IVI 値が低下したものであった。

フィードロット鼓脹症は、第一胃におけるガスの蓄積、泡沫形成、嘔気反射によるガス排出の障害、第一胃内圧の増加、第一胃からの炭酸ガス吸収の増加と呼吸障害による低酸素血症、呼吸および循環障害という経緯を示す。したがって、鼓脹症を抑制するためには、これらの経過を初期の段階で断つ必要がある。このために、モネンシンのように抗細菌剤としてガスの産生段階で効果を示すもの、また、タローエステルのように第一胃内容液の粘度を低下させることにより泡沫の安定性を低下させるもののいずれも十分に効果が期待でき、実際の飼養状況に応じて使い分ければよいであろう。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、終始暖かい御指導、御教示を賜った京都大学農学部教授川島良治博士に深甚の謝意を呈する。

石川県農業短期大学附属経営農場、京都大学附属農場、京都大学附属牧場、京都教育大学附属農場の各位には実験材料の採取に御協力いただき、日本リリーK.K.、武田薬品工業K.K.および三井東圧化学K.K.の各位には実験材料を提供していただいた。これらの各位には心から感謝申し上げたい。

最後に、稿をまとめるにあたり、有意義な御助言と御協力をいただいた京都大学農学部畜産学科諸氏および石川県農業短期大学の諸氏、特に畜産学科の諸氏に対して心から謝意を表する。

引用文献

- 1) 臼井和哉・本好茂一 編, 臨床獣医学, 199-209. 文永堂, 東京. 1982.
- 2) Miltimore, J. E., J. M. McArthur, J. L. Mason and D. L. Ashby, Can. J. Anim. Sci., 50: 61-68. 1970.
- 3) 星野貞夫, 畜産の研究, 36: 19-24. 1982.
- 4) Gutierrez, J., R. E. Davis and I. L. Lindahl, Appl. Microbiol., 9: 209-212. 1961.
- 5) Meyer, R. M. and E. E. Bartley, J. Anim. Sci., 33: 1018-1021. 1971.
- 6) Hironaka, R., J. E. Miltimore, J. M. McArthur, D. R. McGregor and E. S. Smith, Can. J. Anim. Sci., 53: 75-80. 1973.
- 7) Cheng, K. -J. and R. Hironaka, Can. J. Anim. Sci., 53: 417-422. 1973.
- 8) 中村良一・米村寿男・須藤恒二 編, 牛の臨床検査法, 第6章, 14-42. 農山漁村文化協会: 東京. 1973.
- 9) 森本宏, 動物栄養試験法, 342. 養賢堂, 東京. 1971.
- 10) Morris, D. L., Science, 107: 254-255. 1948.
- 11) 東京大学農学部農芸化学教室編, 改訂新版 実験農芸化学 下巻, 415-416. 朝倉書店. 東京. 1960.
- 12) Hungate, R. E., The Rumen and Its Microbes, 92. Academic Press. New York and London. 1966.
- 13) Ørskov, E. R., Proc. Nutr. Soc., 35: 245-252. 1976.
- 14) 鄭槿基・川島良治, 日畜会関西支部報, 68: 14-15. 1974.
- 15) 川島良治・鄭槿基・斉田二郎・村井充, 日畜会関西支部報, 74: 17. 1976.
- 16) McArthur, J. M. and J. E. Miltimore, Can. J. Anim. Sci., 49: 59-67. 1969.
- 17) 橋爪徳三・藤田裕・松岡栄・加藤洋・斉藤悟郎, 帯大研報, 9: 491-508. 1975.

- 18) 梅津元昌, 乳牛の科学, 174-185. 農山漁村文化協会. 東京. 1966.
- 19) Lindahl, I. L., R. E. Davis, D. R. Jacobson and J. C. Shaw,
J. Anim. Sci., 16: 165-178. 1957.
- 20) 星野貞夫, 日畜会報, 54: 153-164. 1983.
- 21) Elam, C. J., J. Gutierrez and R. E. Davis, J. Anim. Sci., 19:
1089-1097. 1960.
- 22) Johnson, R. H., L. R. Brown, N. L. Jacobson and P. G. Homeyer,
J. Anim. Sci., 17: 893-902. 1958.
- 23) Lippke, H., J. L. Reaves and N. L. Jacobson, J. Anim. Sci.,
34: 171-175. 1972.
- 24) Jacobson, D. R., I. L. Lindahl, J. J. McNeill, J. C. Shaw, R. N.
Doetsch and R. E. Davis, J. Anim. Sci., 16: 515-524. 1957.
- 25) Richardson, L. F., A. P. Raun, E. L. Potter, C. O. Cooley and
R. P. Rathmacher, J. Anim. Sci., 43: 657-664. 1976.
- 26) Potter, E. L., C. O. Cooley, L. F. Richardson, A. P. Raun and
R. P. Rathmacher, J. Anim. Sci., 43: 665-669. 1976.
- 27) Raun, A. P., C. O. Cooley, E. L. Potter, R. P. Rathmacher and
L. F. Richardson, J. Anim. Sci., 43: 670-677. 1976.
- 28) 田淵春三・片岡聡・宅間八鶴・平尾孝一, 京都教育大学紀要. B,
54: 47-60. 1979.
- 29) Sakauchi, R. and S. Hoshino, Z. Tierphysiol., Tierernährg. u.
Futtermittelkde., 46: 21-33. 1981.
- 30) Nockels, C. F., D. W. Jackson and B. W. Berry, J. Anim. Sci.,
47: 788-790. 1978.
- 31) 栗原康, 日獣会誌 22: 132-151. 1969.
- 32) 微生物研究法懇談会編, 微生物学実験法, 30-35. 講談社. 東京.
1975.
- 33) Gutierrez, J., R. E. Davis, I. L. Lindahl and E. J. Warwick,
Appl. Microbiol., 7: 16-22. 1959.

- 34) Cheng, K. -J., R. Hironaka, D. W. A. Roberts and J. W. Costerton, Can. J. Microbiol., 19: 1501-1506. 1973.
- 35) Cheng, K. -J., R. Hironaka, G. A. Jones, T. Nicas and J. W. Costerton, Can. J. Microbiol., 22: 450-459. 1976.
- 36) Poos, M. I., T. L. Hanson and T. J. Klopfenstein, J. Anim. Sci., 48: 1516-1524. 1979.
- 37) 日野常男, 日畜会報, 52: 171-179. 1981.
- 38) Kodras, R., Am. J. Vet. Res., 27: 629-632. 1966.
- 39) Mishra, B., Indian J. Vet. Sci., 37: 232-248. 1967.
- 40) Van Horn, H. H. Jr. and E. E. Bartley, J. Anim. Sci., 20: 85-87. 1961.
- 41) Bartley, E. E. and I. S. Yadava, J. Anim. Sci., 20: 648-653. 1961.
- 42) Mishra, B. D., E. E. Bartley, L. R. Fina and M. P. Bryant, J. Anim. Sci., 27: 1651-1656. 1968.
- 43) Chen, M. and M. J. Wolin, Appl. Environ. Microbiol., 38: 72-77. 1979.
- 44) Chalupa, W., W. Corbett and J. R. Brethour, J. Anim. Sci., 51: 170-179. 1980.
- 45) Thornton, J. H. and F. N. Owens, J. Anim. Sci., 52: 628-634. 1981.
- 46) 牛田一成・宮崎昭・川島良治, 日畜会報, 53: 412-416. 1982.
- 47) Dennis, S. M., T. G. Nagaraja and E. E. Bartley, J. Anim. Sci., 52: 418-426. 1981.
- 48) Dennis, S. M., T. G. Nagaraja and E. E. Bartley, J. Dairy Sci., 64: 2350-2356. 1981.
- 49) Brown, L. R., R. H. Johnson, N. L. Jacobson and P. G. Homeyer, J. Anim. Sci., 17: 374-385. 1958.
- 50) Elam, C. J. and R. E. Davis, J. Anim. Sci., 21: 568-574. 1962.

- 51) 篠崎謙一・千葉功・柏崎守・岩崎繁幸・須原賢治・仙波喬, 日獣会誌, 15: 366-371. 1962.
- 52) Van Horn, H. H. Jr., S. M. Kassir, N. L. Jacobson, P. R. Shellenberger, D. K. Hotchkiss and R. S. Allen, J. Anim. Sci., 22: 86-92. 1963.
- 53) Clarke, R. T. J. and C. S. W. Reid, J. Dairy Sci., 57: 753-785. 1974.
- 54) Kato, A. and K. Arima, Biochem. Biophys. Res. Comm., 42: 596-601. 1971.

Studies on Relationships between Occurrence of Feedlot Bloat and Ruminal Characteristics in Ruminants

Tomoya USAGAWA

SUMMARY

Bloat in ruminants, especially in cattle, is a common disease which is well known since olden times. The percentage of contraction to bloat is estimated to be about 1%. However, there are many factors to be investigated as to occurrence of frothy bloat. This study was performed to contribute to reduction of feedlot bloat cases. The relationships between dietary factors which accelerate feedlot bloat and ruminal characteristics were investigated. Furthermore, nutritional and physiological studies were performed using chemicals which is expected to have bloat-controlling effect, from its efficacy on ruminal characteristics.

I. Ruminal characteristics under bloating condition

1. Factors affecting the viscosity of rumen fluid in ruminants fed high concentrate diets

Viscosity and pH values of rumen fluid in fattening cattle fed on 8 types of ration were investigated. Higher viscosity values were observed when cattle were fed high concentrate diet, rice hulls being added as roughage. Viscosity varied owing to the form of corn in the ration. Relationship between water intake and viscosity of rumen fluid in rumen-fistulated sheep was also investi-

gated. Viscosity of rumen fluid was lowered temporarily by water intake.

2. Relationships between the form of feed and ruminal characteristics in sheep fed high concentrate diet

Changes of rumen fluid properties in rumen-fistulated sheep fed ration containing cracked, ground, or rolled corn were studied. Periodical changes in viscosity and pH values of rumen fluid from sheep fed cracked corn ration were smaller than those from other sheep. It was suggested that cracked corn remained in the rumen for a longer period as it was dissolved more slowly.

3. Changes in ruminal characteristics of sheep after feeding bloat-producing diet

Changes in some properties of rumen fluid of sheep were investigated changing the feed from timothy hay to bloat-producing diet (61% barley, 22% alfalfa meal, 16% soybean oil meal and 1% sodium chloride). Rumen fluid samples were collected from rumen-fistulated sheep just before morning feeding and 2 hours later. The pH value, viscosity, soluble carbohydrate concentration and number of protozoa were determined with these samples. As the feed was changed, pH value declined while viscosity, soluble carbohydrate concentration and number of Entodiniomorphs increased, and sheep to sheep variability became greater. Two hours after feeding, pH value had significant negative correlations with the number of Entodiniomorphs, soluble carbohydrate concentration and viscosity, while significant positive correlation ($P < 0.001$) was found between

viscosity and soluble carbohydrate concentration.

4. Hourly changes in bloat score and rumen pressure of sheep fed bloat-producing diet

Hourly changes in bloat score and rumen pressure were investigated using rumen-fistulated sheep fed bloat-producing diet.

Bloat score increased gradually, indicated the highest degree at 3 hours after feeding, and then decreased gradually. Rumen pressure changed in the same manner as bloat score.

5. Relationships between bloat score and ruminal characteristics in sheep

Relationships between bloat score and ruminal characteristics in rumen-fistulated sheep were investigated. Feed was changed from hay to beef cattle ration, and finally to bloat-producing diet. Bloat score, rumen pressure and other ruminal characteristics were determined repeatedly in each period. Significant positive correlation ($P < 0.001$) was found between bloat score and rumen pressure. Furthermore, bloat score had significant positive correlation with the ingesta volume increase (IVI) value, the stable IVI value and viscosity (both cell-inclusive and cell-free).

II. Changes in ruminal characteristics caused by administration of anti-bloating chemicals

1. Effect of monensin on ruminal characteristics and on feeding and ruminating behaviors in sheep

Changes of ruminal characteristics and of feeding and ruminating behaviors in sheep fed monensin were investigated.

The stable IVI value was decreased significantly by monensin feeding ($P < 0.01$). Other insignificant changes caused by monensin were slightly increased pH value, decreased IVI value and viscosity, shortened period of feed ingestion, dispersed feeding periods, and lengthened ruminating period.

2. Effect of monensin on ruminal characteristics of sheep fed bloat-producing diet

A bloat-producing diet, in which rolled or ground barley was the main constituent, was used as the basic ration. Monensin was added to the ration at the rate of 20 ppm. Monensin reduced the IVI value, tended to reduce the stable IVI value, and reduced gas production of the rumen fluid during 2 hr. after collection of rumen samples. These results suggest that monensin inhibits bloating. Ruminal pH value and viscosity of cell-free rumen fluid were raised, and water intake was reduced by monensin treatment. The total count of rumen protozoa was reduced, and the genus Ophryoscolex was reduced remarkably by monensin treatment. The proportion of Gram variable chained cocci and Gram positive chained cocci tended to be decreased by monensin treatment.

3. Changes in ruminal characteristics and bloat-inhibiting effect caused by feeding tallow esters

The inhibiting effect of tallow esters (TE) on frothy bloat and its mode of action were investigated through its in vitro defoaming

effect. TE applied in this study were the crude product prepared by subjecting sucrose and beef tallow to alcoholysis using potassium carbonate as a catalyst. The result of TE addition was that gas production in the rumen fluid during 2 hr. of cultivation showed a tendency to increase, and the IVI value also rose simultaneously. However, the stable IVI value, which was used as a criterion for foam stability, was lowered by TE addition ($P < 0.001$).

Ruminal pH values were raised by TE addition. The viscosity of cell-inclusive rumen fluid was lowered by TE addition, similar to the stable IVI value. It is suggested from these results that TE have an inhibiting effect on bloat through the depression of stable foam formation in rumen fluid.